Distribution et abondance des larves et juvéniles de poissons dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent : Connectivité entre le Golfe, l'Estuaire et le fjord du Saguenay

Alice O. V. Bui, Martin Castonguay et Patrick Ouellet

Direction des Sciences
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000
850, route de la Mer
Mont-Joli, Québec
G5H 3Z4

2012

Distribution and abundance of larval and juvenile fish in the Lower St. Lawrence Estuary: Connectivity among the Gulf, the Estuary, and the Saguenay Fjord

Alice O. V. Bui, Martin Castonguay, and Patrick Ouellet

Science Branch
Fisheries and Oceans Canada
Maurice Lamontagne Institute
P.O. Box 1000
850, route de la Mer
Mont-Joli, Québec
G5H 3Z4

2012

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2981

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2981

Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques de Pêches et Océans Canada, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications à part entière. Le titre exact figure au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la base de données *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de Rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de Rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de Rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of Fisheries and Oceans Canada, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2981

2012

Distribution et abondance des larves et juvéniles de poissons dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent : Connectivité entre le Golfe, l'Estuaire et le fjord du Saguenay

A. O. V. Bui, M. Castonguay et P. Ouellet

Direction des Sciences
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850 route de la Mer
C.P. 1000,
Mont-Joli, Québec
G5H 3Z4

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2981

2012

Distribution and abundance of larval and juvenile fish in the Lower St. Lawrence Estuary: Connectivity among the Gulf, the Estuary, and the Saguenay Fjord

A. O. V. Bui, M. Castonguay, and P. Ouellet

Science Branch
Fisheries and Oceans Canada
Maurice Lamontagne Institute
850 route de la Mer
P.O. Box 1000,
Mont-Joli, Québec
G5H 3Z4

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2012
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2012

N° de cat. / Cat. No. Fs 97-6/2981 ISSN 0706-6457 (version imprimée / print version)
N° de cat. / Cat. No. Fs 97-6/2981-PDF ISSN 1488-5379-HTML / 1488-5379-PDF (version en ligne / online version)

On devra citer la publication comme suit :

Bui, A. O. V., M. Castonguay et P. Ouellet. 2012. Distribution et abondance des larves et juvéniles de poissons dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent : Connectivité entre le Golfe, l'Estuaire et le fjord du Saguenay. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2981 : ix + 46 pp.

Correct citation for this publication:

Bui, A. O. V., M. Castonguay, and P. Ouellet. 2012. Distribution and abundance of larval and juvenile fish in the Lower St. Lawrence Estuary: Connectivity among the Gulf, the Estuary, and the Saguenay Fjord. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2981: ix + 46 pp.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE OF CONTENTS

	Page	
Liste des tableaux	iv	List of Tables
Liste des figures	v	List of Figures
Résumé	ix	Abstract
1. Introduction	1	1. Introduction
2. Matériels et méthodes	5	2. Materials and Methods
2.1 Les relevés d'ichtyoplancton	5	2.1 Ichthyoplankton Surveys
2.2 Les données pour les juvéniles	5	2.2 Juvenile Data
3. Résultats	18	3. Results
3.1 Résultats pour les relevés d'ichtyoplancton	18	3.1 Ichthyoplankton survey results
3.2 Distribution et abondance des juvéniles	19	3.2 Distribution and abundance of juveniles
4. Discussion	38	4. Discussion
4.1 La communauté d'ichtyoplancton	38	4.1 Ichthyoplankton Community
4.2 La communauté de juvéniles	40	4.2 Juvenile Community
4.3 L'origine des poissons de l'estuaire maritime	40	4.3 Origin of Fish in the Lower St. Lawrence Estuary
4.4 Connectivité des populations du Fjord et de l'estuaire maritime	42	4.4 Connectivity of Populations in the Fjord and Lower Estuary
4.5 Connectivité entre le Fjord et le système Saint-Laurent	43	4.5 Connectivity Between the Fjord and the St. Lawrence System
Remerciements	44	Acknowledgments
Références	45	References

LISTE DES TABLEAUX

LIST OF TABLES

	Page	
Tableau 1. Calendrier des missions d'ichtyoplancton réalisées en 2009 et en 2010 dans l'estuaire du Saint-Laurent et le fjord du Saguenay.	9	Table 1. Calendar of ichthyoplankton missions conducted in 2009 and 2010 in the St. Lawrence Estuary and the Saguenay Fjord.
Tableau 2. Longueurs à l'âge 1 et 2 ans déterminées pour les principales espèces commerciales d'après Bourdages et al. (2010).	12	Table 2. Lengths at age 1 and 2 determined for the main commercial species according to Bourdages et al. (2010).
Tableau 3. Composition de la communauté d'ichtyoplancton et abondance moyenne (Ab; no m^{-3}) des espèces pour les missions de 2009 et 2010, et leur proportion relative (%). La dominance du capelan dans les échantillons est indiquée en caractères gras.	22	Table 3. Composition of the ichthyoplankton community and mean abundance (Ab; no m^{-3}) of species for the 2009 and 2010 missions and their relative proportion (%). Capelin dominance in the samples is indicated in bold.

LISTE DES FIGURES	Page	LIST OF FIGURES
Figure 1. Stations échantillonnées avec les filets Bongo lors des relevés d'ichtyoplancton de 2009 et 2010. La localisation du fjord du Saguenay est aussi indiquée.	10	Figure 1. Stations sampled with Bongo nets during the 2009 and 2010 ichthyoplankton surveys. The location of the Saguenay Fjord is also indicated.
Figure 2. Distribution des strates utilisées lors des missions estivales de recherche sur la crevette nordique et les poissons de fond. Les strates moins profondes de l'Estuaire (< 100 brasses ou 183 m) ajoutées en 2008 sont incluses.	11	Figure 2. Distribution of strata used during summer research missions on northern shrimp and groundfish. Shallower Estuary strata (<100 fathoms or 183 m) added in 2008 are included.
Figure 3. Distribution des fréquences de longueur du flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*) issues du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010.	13	Figure 3. Length frequency distribution of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) from the groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010.
Figure 4. Distribution des fréquences de longueur de la morue franche (*Gadus morhua*) issues du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010.	14	Figure 4. Length frequency distribution of Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010.
Figure 5. Distribution des fréquences de longueur du sébaste (*Sebastes mentella*) issues du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010.	15	Figure 5. Length frequency distribution of redfish (*Sebastes mentella*) from the groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010.
Figure 6. Distribution des fréquences de longueur de la plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*) issues du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010.	16	Figure 6. Length frequency distribution of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) from the groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010.
Figure 7. Distribution des fréquences de longueur de la plie grise (*Glyptocephalus cynoglossus*) issues du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010.	17	Figure 7. Length frequency distribution of witch flounder (*Glyptocephalus cynoglossus*) from the groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010.
Figure 8. Distribution des abondances de larves d'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus*	24	Figure 8. Abundance distribution of rainbow smelt (*Osmerus mordax*; solid

mordax – ligne continue) et de morue ogac (*Gadus ogac* – ligne pointillée) récoltées lors des relevés de 2009.

Figure 9. Distribution des abondances de larves de sébaste (*Sebastes mentella*) dans le Fjord du Saguenay, l'Estuaire et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent en 2009 et l'Estuaire en 2010.

Figure 10. Boîte à moustache des longueurs (mm) à la notochorde de larves de sébaste mesurées pour chaque région du fjord du Saguenay, de l'estuaire maritime et du nord-ouest du golfe du Saint-Laurent en juillet 2009.

Figure 11. Distribution des abondances d'œufs CHW (morue franche, plie grise, aiglefin) dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent échantillonnées en mai 2009. La position des stations où les larves (n=3) de plie grise ont été récoltées lors de la mission de juillet 2009 est marquée par une étoile (∗). + : positions des stations échantillonnées.

Figure 12. Distribution des abondances d'œufs de plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*) dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent échantillonnées en mai 2009. La position des stations où les larves de plie canadienne ont été récoltées lors de la mission de juillet 2009 est marquée par une étoile (∗). + : positions des stations échantillonnées.

Figure 13. Distribution des abondances des juvéniles d'un an de flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : position du début du trait. Profondeur moyenne du trait: bulles foncées ≤ 183 m, bulles claires > 183 m.

Figure 14. Distribution des abondances des juvéniles de deux ans de flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*)

line) and Greenland cod (*Gadus ogac*; dotted line) collected during the 2009 surveys.

25 Figure 9. Abundance distribution of redfish (*Sebastes mentella*) in the Saguenay Fjord, the Estuary, and the northwest Gulf of St. Lawrence in 2009 and in the Lower Estuary in 2010.

26 Figure 10. Box plot of lengths (mm) at the notochord of redfish larvae measured for each region of the Saguenay Fjord, the Lower Estuary and northwest Gulf of St. Lawrence in July 2009.

27 Figure 11. Distribution of CHW egg abundances (Atlantic cod, witch flounder, haddock) in the Lower St. Lawrence Estuary sampled in May 2009. The station positions where witch flounder larvae (n=3) were collected during the July 2009 mission are marked with an asterisk (∗). +: positions of sampled stations.

28 Figure 12. Distribution of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) egg abundances in the Lower St. Lawrence Estuary sampled in May 2009. The station positions where American plaice larvae were collected during the July 2009 mission are marked with an asterisk (∗). +: positions of sampled stations.

29 Figure 13. Abundance distribution of one-year-old Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: position of the beginning of the tow. Average depth of the tow: dark bubbles ≤ 183 m, clear bubbles > 183 m.

30 Figure 14. Abundance distribution of two-year-old Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) juveniles from the

calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : position du début du trait. Profondeur moyenne du trait: bulles foncées, strates ≤ 183 m, bulles claires, strates > 183 m.

Figure 15. Distribution des abondances des juvéniles d'âge un an de morue franche (*Gadus morhua*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : position du début du trait. Profondeur moyenne du trait: bulles foncées, strates ≤ 183 m, bulles claires, strates > 183 m. 31

Figure 16. Distribution des abondances des juvéniles de deux ans de morue franche (*Gadus morhua*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : position du début du trait. Profondeur moyenne du trait: bulles foncées, strates ≤ 183 m, bulles claires, strates > 183 m. 32

Figure 17. Distribution des abondances des juvéniles d'un an de plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : position du début du trait. Profondeur moyenne du trait: bulles foncées, strates ≤ 183 m, bulles claires, strates > 183 m. 33

Figure 18. Distribution des abondances des juvéniles de deux ans de plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : position du début du trait. Profondeur moyenne du trait: bulles foncées, strates ≤ 183 m, bulles claires, strates > 183 m. 34

Figure 19. Distribution des abondances des juvéniles de deux ans de sébaste (*Sebastes mentella*) calculées à partir du 35

groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Position of the beginning of the tow. Average depth of the tow: dark bubbles, strata ≤ 183 m; clear bubbles, strata > 183 m.

Figure 15. Abundance distribution of one-year-old Atlantic cod (*Gadus morhua*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Position of the beginning of the tow. Average depth of the tow: dark bubbles, strata ≤ 183 m; clear bubbles, strata > 183 m.

Figure 16. Abundance distribution of two-year-old Atlantic cod (*Gadus morhua*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Position of the beginning of the tow. Average depth of the tow: dark bubbles, strata ≤ 183 m; clear bubbles, strata > 183 m.

Figure 17. Abundance distribution of one-year-old American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Position of the beginning of the tow. Average depth of the tow: dark bubbles, strata ≤ 183 m; clear bubbles, strata > 183 m.

Figure 18. Abundance distribution of two-year-old American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Position of the beginning of the tow. Average depth of the tow: dark bubbles, strata ≤ 183 m; clear bubbles, strata > 183 m.

Figure 19. Abundance distribution of two-year-old redfish (*Sebastes mentella*) juveniles from the groundfish and shrimp

relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : position du début du trait. Profondeur moyenne du trait: bulles foncées, strates ≤ 183 m, bulles claires, strates > 183 m.

Figure 20. Distribution des abondances des juvéniles d'âge un an de plie grise (*Glyptocephalus cynoglossus*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : position du début du trait. Profondeur moyenne du trait: bulles foncées, strates ≤ 183 m, bulles claires, strates > 183 m. 36

Figure 21. Distribution des abondances des juvéniles de deux ans de plie grise (*Glyptocephalus cynoglossus*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : position du début du trait. Profondeur moyenne du trait: bulles foncées, strates ≤ 183 m, bulles claires, strates > 183 m. 37

research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Position of the beginning of the tow. Average depth of the tow: dark bubbles, strata ≤ 183 m; clear bubbles, strata > 183 m.

Figure 20. Abundance distribution of one-year-old witch flounder (*Glyptocephalus cynoglossus*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Position of the beginning of the tow. Average depth of the tow: dark bubbles, strata ≤ 183 m; clear bubbles, strata > 183 m.

Figure 21. Abundance distribution of two-year-old witch flounder (*Glyptocephalus cynoglossus*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for the strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Position of the beginning of the tow. Average depth of the tow: dark bubbles, strata ≤ 183 m; clear bubbles, strata > 183 m.

Bui, A. O. V., M. Castonguay et P. Ouellet. 2012. Distribution et abondance des larves et juvéniles de poissons dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent : Connectivité entre le Golfe, l'Estuaire et le fjord du Saguenay. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2981 : ix + 46 pp.

Bui, A. O. V., M. Castonguay, and P. Ouellet. 2012. Distribution and abundance of larval and juvenile fish in the Lower St. Lawrence Estuary: Connectivity among the Gulf, the Estuary, and the Saguenay Fjord. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2981: ix + 46 pp.

RÉSUMÉ

Cette étude a grandement amélioré les connaissances sur la distribution et l'abondance des communautés d'ichtyoplancton et des juvéniles d'un et deux ans d'espèces démersales dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent. L'analyse des données a révélé que la communauté ichtyoplanctonique de l'estuaire maritime se composait surtout d'espèces démersales non-commerciales alors que les espèces visées par la pêche blanche (principalement sébaste, morue franche et flétan du Groenland ou turbot) étaient présentes dans l'estuaire maritime au stade juvénile. Ceci suggère la présence d'une connectivité pour ces espèces entre le golfe du Saint-Laurent, l'estuaire maritime et le fjord du Saguenay. Nos résultats supportent l'hypothèse que le recrutement du sébaste, de la morue et du turbot dans le fjord du Saguenay repose sur l'immigration de poissons au stade juvénile depuis l'Estuaire.

ABSTRACT

This study greatly improved knowledge of the distribution and abundance of ichthyoplankton communities and of one- and two-year-old juveniles of demersal species in the Lower St. Lawrence Estuary. Data analysis revealed that the ichthyoplankton community in the Lower Estuary consisted mainly of non-commercial demersal species, while the species targeted in the Saguenay Fjord ice fishing (mainly redfish, Atlantic cod, and Greenland halibut or turbot) were present in the Lower Estuary at the juvenile stage. This suggests connectivity for these species among the Gulf of St. Lawrence, the Lower Estuary, and the Saguenay Fjord. Our results support the hypothesis that recruitment of redfish, cod, and Greenland halibut in the Saguenay Fjord is based on the immigration of juvenile fish from the Estuary.

1. INTRODUCTION

L'estuaire maritime du Saint-Laurent est une zone unique en raison de la particularité et de la complexité des phénomènes physiques qui procurent des conditions hydrographiques favorables à la production locale et à l'accumulation de zooplancton et de poissons pélagiques et démersaux ainsi que pour la fréquentation annuelle de grands mammifères marins et la résidence permanente du béluga. En 2007, l'estuaire maritime du Saint-Laurent a été défini comme une Zone d'importance écologique et biologique (ZIEB – MPO, 2007).

Directement connecté à l'estuaire maritime par un seuil peu profond (environ 20 m) à son embouchure, le fjord du Saguenay est un milieu unique dont la majeure partie est comprise dans les limites du Parc Marin Saguenay – Saint-Laurent. Aucune pêche commerciale n'est autorisée dans le Fjord. Cependant une pêche récréative hivernale, appelée «pêche blanche », y est pratiquée surtout au niveau du bassin supérieur. Cette pêche représente un enjeu touristique considérable pour cette région du Québec à cause des importants revenus qu'elle engendre, son ampleur et sa popularité grandissante y compris au niveau international (MPO, 2010).

Une certaine diversité d'espèces de poisson est capturée lors de la pêche récréative hivernale dans le Fjord. Les espèces recherchées comptent principalement l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*), le sébaste (*Sebastes mentella*), la morue franche (*Gadus morhua*), la morue ogac (*Gadus ogac*) et le flétan du Groenland ou turbot (*Reinhardtius hippoglossoides*). Valentin (2006) a déterminé que l'espèce de sébaste présente dans le fjord du Saguenay est *Sebastes mentella*. L'éperlan arc-en-ciel est une espèce pélagique d'un grand intérêt pour les pêcheurs. Parmi les poissons de fond, l'espèce la plus importante de la pêche blanche est sans aucun doute le sébaste qui comprend 90% des captures, suivi de la

1. INTRODUCTION

The Lower St. Lawrence Estuary is a unique area because of the distinctiveness and complexity of physical phenomena that provide favourable hydrographic conditions for local production and an accumulation of zooplankton and pelagic and demersal fish as well as for the annual occurrence of large marine mammals and the permanent residence for the beluga. In 2007, the Lower St. Lawrence Estuary was defined as an ecologically and biologically significant area (EBSA; MPO, 2007).

Directly connected to the Lower Estuary by a shallow sill (around 20 m) at its mouth, the Saguenay Fjord is a unique environment that is mostly within the limits of the Saguenay–St. Lawrence Marine Park. No commercial fishing is allowed in the Fjord. However, a recreational winter ice fishery takes place, mainly in the upper basin. This fishery is important for the region's tourism because of the considerable revenue it generates; it is becoming increasingly popular, even at an international scale (MPO, 2010).

A variety of fish species are caught during the winter recreational fishery in the Fjord. Target species primarily include rainbow smelt (*Osmerus mordax*), redfish (*Sebastes* mentella), Atlantic cod (*Gadus morhua*), Greenland cod (*Gadus ogac*), and Greenland halibut or turbot (*Reinhardtius hippoglossoides*). Valentin (2006) found that the redfish species present in the Saguenay Fjord is *Sebastes mentella*. Rainbow smelt is a pelagic species of great interest to fishermen. Among groundfish species, the most important for the ice fishery is definitely redfish, which makes up 90% of the catches, followed by Atlantic cod and Greenland cod (9%). Greenland halibut makes up only a small part of the catches (1%) (MPO, 2010). Ice fishing has been monitored by the

morue franche et de la morue ogac (9%). Le flétan du Groenland ne représente qu'une part minime des captures (1%) (MPO, 2010). La pêche blanche fait l'objet d'un suivi par le Ministère des Pêches et des Océans (MPO) depuis 1995. Les stocks des espèces visées sont à de faibles niveaux d'abondance pour la plupart. Des tendances à la baisse des taux de captures sont observées pour le sébaste et la morue ogac alors qu'une hausse est observée pour la morue franche depuis 2008 bien que les taux de capture de cette espèce demeurent bien inférieurs à ceux du milieu des années 1990 (Desgagnés et al., 2011). Contrairement aux autres espèces de poissons de fond de la pêche blanche, le flétan du Groenland ne présente pas de tendance de taux de capture depuis 1995 (MPO, 2010).

Department of Fisheries and Oceans (DFO) since 1995. Target species' stocks are at low abundance levels for the most part. Downward trends in catch rates have been observed for redfish and Greenland cod with an increase for Atlantic cod since 2008, although catch rates for this species remain below what was observed in the mid-1990s (Desgagnés et al., 2011). As opposed to the other groundfish species caught in the ice fishery, Greenland halibut does not exhibit any trend in catch rates since 1995 (MPO, 2010).

Les travaux de Sévigny et al. (2009) ont montré que les populations de morue, de sébaste et de flétan du Groenland du Saguenay et du golfe du Saint-Laurent n'étaient pas génétiquement différenciées mais qu'elles formaient une seule et même population démontrant la connectivité entre les populations des deux environnements. De plus, Sévigny et al. (2009) précisent que l'immigration dans le fjord du Saguenay se ferait à l'état de juvéniles d'après la signature phénotypique propre des poissons du Saguenay. D'autre part, la survie larvaire de ces espèces dans le Fjord serait compromise par les conditions de la couche de surface chaude et saumâtre, empêchant une contribution locale significative au recrutement des poissons du Fjord, surtout pour la morue et le sébaste (Sirois et al., 2009). En conséquence, les populations de poissons marins du fjord du Saguenay sont perçues comme des populations « puits », ce qui soulève la question sur l'origine exacte du recrutement des poissons marins du fjord du Saguenay.

The work carried out by Sévigny et al. (2009) showed that cod, redfish, and Greenland halibut populations in the Saguenay and Gulf of St. Lawrence were not genetically differenciated but formed a single population, showing the connectivity between populations in both environments. In addition, Sévigny et al. (2009) indicate that immigration to the Saguenay Fjord would occur at the juvenile stage based on the phenotypic signature of fish in the Saguenay. Furthermore, larval survival of these species in the Fjord would be compromised by the warm and brackish surface layer conditions, preventing a significant local contribution to fish recruitment in the Fjord, especially for cod and redfish (Sirois et al., 2009). As a result, marine fish populations of the Saguenay Fjord are seen as "sink" populations, which raises the question about the exact origin of marine fish recruitment in the Saguenay Fjord.

Deux modèles conceptuels ont été retenus pour expliquer le maintien des populations de poissons marins dans le fjord du Saguenay (Sirois et al., 2009) :

Two conceptual models were used to explain how marine fish populations in the Saguenay Fjord are maintained (Sirois et al., 2009):

1. le recrutement est assuré par l'advection d'ichtyoplancton exogène lors des épisodes d'entrée d'eau à l'embouchure.
2. le recrutement repose sur l'immigration de poissons juvéniles provenant de l'Estuaire.

Les travaux de Sévigny et al. (2009) indiquent que les poissons marins du Sagnenay doivent arriver dans le Fjord en bas âge car ils se différencient morphologiquement de ceux de l'Estuaire et présentent également une composition différente en éléments trace des otolithes ainsi qu'une faune parasitaire distincte.

Les informations sur la composition de la communauté ichtyoplanctonique de l'estuaire du Saint-Laurent a récemment fait l'objet d'une mise à jour grâce à des missions d'échantillonnage réalisées en 2009 et en 2010 dans l'estuaire maritime et une partie de l'estuaire moyen dans le cadre du programme de l'Initiative de recherche écosystémique du Ministère des Pêches et des Océans (MPO). Avant 2009, les seules informations sur la communauté d'œufs et de larves de poisson de l'estuaire maritime provenaient de travaux datant du milieu des années 1970. Able (1978) a décrit une communauté de 25 espèces d'ichtyoplancton récolté entre juin et octobre dans l'estuaire moyen et l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Un autre échantillonnage saisonnier (juin à septembre), limité à l'estuaire maritime, a trouvé 15 espèces de larves et cinq espèces d'œufs de poissons (de Lafontaine et al. 1984). De plus, un échantillonnage des zones côtières peu profondes de l'estuaire moyen et maritime a révélé une communauté différente de celle des stations profondes. Certaines espèces telles que le hareng atlantique (*Clupea harengus*) et la plie lisse (*Pleuronectes putnami*) étaient plus abondantes. D'autres espèces typiquement estuariennes ou associées aux eaux douces (notamment la perche blanche (*Morone americana*), la perchaude (*Perca flavescens*) et le genre *Catostomus* spp.) étaient également présentes dans la communauté (Powles et

1. recruitment is provided by the advection of exogenous ichthyoplankton during water inflow at the mouth.
2. recruitment relies on the immigration of juvenile fish from the Estuary.

Sévigny et al. (2009) found that marine fish must reach the Fjord early in life since they are morphologically differenciated from fish from the Estuary and also have different trace element composition of otoliths as well as a distinct parasite fauna.

Information on the composition of the ichthyoplankton community of the St. Lawrence has recently been updated with sampling missions conducted in 2009 and 2010 in the Lower Estuary and part of the middle Estuary within the framework of the Department of Fisheries and Oceans (DFO) Ecosystem Research Initiative. Prior to 2009, the only information on fish egg and larvae communities from the Lower Estuary stemmed from work carried out in the mid-1970s. Able (1978) described a community of 25 species of ichthyoplankton sampled from June to October in the middle and Lower the St. Lawrence Estuary. Another sampling from June to September limited to the Lower Estuary revealed that 15 species of larvae and five egg species were present (de Lafontaine et al., 1984). Moreover a sampling in coastal shallow waters of the middle and Lower Estuary found a different community from deep waters. Some species such as Atlantic herring (*Clupea harengus*) and smooth flounder (*Pleuronectes putnami*) were more abundant. Other species typical of estuarine of fresh waters such as white perch (*Morone americana*), yellow perch (*Perca flavescens*) and *Catostomus* spp. were also part of the community (Powles et al., 1984).

al., 1984).

Concernant les poissons marins juvéniles de l'estuaire du Saint-Laurent, les seules données disponibles proviennent de relevés de recherche réalisés par le MPO dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent pour évaluer l'abondance des poissons de fond et de la crevette nordique (*Pandalus borealis*). Cependant les données de poissons juvéniles de ces relevés n'ont pas encore été examinées en détail en ce qui concerne l'Estuaire.

L'objectif de ce rapport est d'abord de faire état des connaissances actuelles sur la communauté ichtyoplanctonique et de juvéniles de poissons de fond dans l'estuaire maritime et par la suite d'apporter des éléments de réponse concernant la source possible du recrutement des poissons commerciaux du fjord du Saguenay, soit la connectivité entre le Fjord et l'estuaire maritime. Pour ce faire, les données des relevés d'ichtyoplancton de 2009 et de 2010 ont été examinées ainsi que les données pour les juvéniles d'un an et deux ans issues du relevé au chalut de fond du MPO. L'information sur d'autres espèces à valeur commerciale mais non visées par la pêche blanche, comme la plie grise (*Glyptocephalus cynoglossus*), la plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*) et le flétan atlantique (*Hippoglossus hippoglossus*), a également été examinée dans le but de documenter l'importance de ces espèces dans l'Estuaire.

The only available data on juvenile marine fish from the St. Lawrence Estuary come from research surveys conducted by DFO in the Estuary and Gulf of St. Lawrence to assess groundfish and northern shrimp (*Pandalus borealis*) abundance. However, data on juvenile fish from these surveys have not yet been examined in detail with respect to the Estuary.

The objective of this report was first to examine the current knowledge on the ichthyoplankton and juvenile groundfish community in the Lower Estuary and second, to provide answers regarding the possible source of recruitment of commercial fish in the Saguenay Fjord, or the connectivity between the Fjord and the Estuary. To do this, data from the 2009 and 2010 ichthyoplankton surveys were reviewed as well as data for one- and two-year-old juveniles from the DFO annual bottom trawl survey. Information on other commercially valuable species that are not targeted by the ice fishery, including witch flounder (*Glyptocephalus cynoglossus*), American plaice (*Hippoglossoides platessoides*), and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), was also examined to document the importance of these species in the Estuary.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 Les relevés d'ichtyoplancton

Les relevés d'ichtyoplancton ont été effectués en mai, juin et juillet 2009, et en juin et septembre 2010 (voir Tableau 1 pour les dates des missions). L'ichtyoplancton a été échantillonné avec des filets Bongo d'un diamètre de 61 cm et de 333 µm de vide de maille. Le volume filtré a été calculé grâce à des débitmètres placés sur chaque filet. L'échantillonnage consistait en un trait double oblique de la surface à environ 30 m de profondeur. Les stations étaient disposées selon des lignes transversales à l'Estuaire (Figure 1). Le Saguenay a été échantillonné lors des relevés de 2009 ainsi que quelques stations dans le nord-ouest du Golfe (sauf en mai 2009 pour le nord-ouest du Golfe). En 2010, l'échantillonnage s'est limité à l'estuaire maritime.

Le plancton récolté a été immédiatement conservé dans une solution de formol à 4% tamponnée puis le tri et l'identification des échantillons ont été réalisés ultérieurement au laboratoire. Les larves ont été identifiées à l'espèce autant que possible (à défaut, au genre). Les larves de sébastes ont été mesurées (longueur à la notochorde) pour les relevés de juillet 2009 et de septembre 2010. Concernant les œufs de poisson, le tri a été réalisé pour les missions de 2009 et l'identification a été effectuée seulement pour mai 2009. Les œufs de 2010 n'ont pas été triés ni identifiés.

2.2 Les données de juvéniles

Le relevé estival multidisciplinaire au chalut de fond réalisé chaque année en août par le MPO à bord du NGCC *Teleost* a pour but d'évaluer l'abondance et la distribution des poissons de fond et de la crevette nordique dans les divisions 4RST de l'Organisation des pêches de l'Atlantique nord-ouest (OPANO). Le protocole d'échantillonnage du relevé est décrit de façon détaillée dans Bourdages et al. (2010). Brièvement, l'échantillonnage consiste en un

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Ichthyoplankton Surveys

Ichthyoplankton surveys were conducted in May, June and July 2009, and in June and September 2010 (see Table 1 for mission dates). Ichthyoplankton was sampled with Bongo nets with a diameter of 61 cm and 333 µm mesh. The filtered volume was calculated using flow meters placed on each net. The sample consisted of a double-oblique tow from surface to about 30 m deep. Stations were arranged in transects across the Estuary (Figure 1). The Saguenay was sampled during the 2009 surveys as were a few stations in the northwest Gulf (except in May 2009 for the northwest Gulf). In 2010, sampling was limited to the Lower Estuary.

The plankton collected was immediately preserved in a 4% buffered formalin solution; sample sorting and identification were later made in the laboratory. Larvae were identified to the species where possible (otherwise to the genus). Redfish larvae were measured (notochord length) for the July 2009 and September 2010 surveys. For fish eggs, sorting was carried out for the 2009 missions and identification was made only for May 2009. The 2010 eggs were not sorted or identified.

2.2 Juvenile Data

The summer multidisciplinary bottom trawl survey conducted every year in August by DFO on board the CCGS *Teleost* is designed to evaluate the abundance and distribution of groundfish and northern shrimp in the Northwest Atlantic Fisheries Organization (NAFO) Divisions 4RST. The sampling protocol for the survey is described in detail in Bourdages et al. (2010). Briefly, sampling consists in a random stratified plan according to depth. The fishing gear used is a

plan aléatoire stratifié selon la profondeur. L'engin de pêche utilisé est un chalut de fond à crevettes à quatre faces *Campelen 1800* muni d'une rallonge et d'un cul de chalut de 12,7 mm de vide de maille. La durée des traits est de 15 minutes au fond. En 2008, des strates supplémentaires ont été ajoutées dans l'estuaire maritime à des profondeurs comprises entre 20 et 100 brasses (37 à 183 m) afin de mieux couvrir l'habitat utilisé par la crevette nordique et d'accroître les connaissances sur la distribution et l'abondance des différents taxons dans l'Estuaire. Les espèces récoltées sont triées, identifiées, dénombrées et mesurées immédiatement à bord.

Campelen 1800 four-panel bottom shrimp trawl equipped with an extension and a codend of 12.7 mm mesh. Tow duration is 15 minutes at the bottom. In 2008, additional strata were added in the Lower Estuary at depths between 20 and 100 fathoms (37 to 183 m) to better cover the habitat used by northern shrimp and to increase knowledge on the distribution and abundance of the different taxa in the Estuary. The collected species are sorted, identified, counted and measured immediately on board.

Les données de poissons juvéniles utilisées dans ce rapport proviennent des missions de recherche conduites de 2004 à 2010 pour les strates 409, 410, 411, 412, 413, 414, 851, 852, 854 et 855 situées dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Figure 2). La capturabilité de l'engin de pêche utilisé avant 2004 (chalut URI) était faible pour les juvéniles; c'est pourquoi les données utilisées ne remontent pas au début de ces missions de recherche en 1990.

The juvenile fish data used in this report come from research missions carried out from 2004 to 2010 for strata 409, 410, 411, 412, 413, 414, 851, 852, 854 and 855 located in the Lower St. Lawrence Estuary (Figure 2). Catchability of the fishing gear used before 2004 (URI trawl) was low for juveniles; so the data does not go back to the beginning of these research missions in 1990.

Les données pour les espèces commerciales visées par la pêche blanche telles que la morue franche, la morue ogac, le flétan du Groenland et le sébaste, ainsi que d'autres espèces à valeur commerciale présentes dans l'Estuaire telles que le flétan atlantique, la plie canadienne et la plie grise ont été extraites de la base de données à l'aide de l'application PACES (Programme d'analyse des campagnes d'échantillonnage stratifié). L'application PACES a été développée par le MPO afin de faciliter l'utilisation de la base de données.

Data for commercial species targeted by the ice fishery, such as Atlantic cod, Greenland cod, Greenland halibut, and redfish, as well as other valuable species present in the Estuary such as Atlantic halibut, American plaice, and witch flounder, were extracted from the database using the PACES application (Programme d'analyse des campagnes d'échantillonnage stratifié). The PACES application was developed by DFO to facilitate use of the database.

Les longueurs de poisson extraites avec PACES ont une précision d'un centimètre et sont centrées sur la valeur de la longueur (c'est-à-dire qu'une longueur donnée regroupe les poissons mesurant ± 0,5 cm de la valeur). Les traits de chalut sont standardisés par la durée (15 minutes) et la vitesse (3 nœuds), après quoi les

Fish lengths extracted using PACES have an accuracy of one centimeter and are centred on the length value (i.e., a given length includes fish measuring ± 0.5 cm of the value). Trawl tows are standardized by duration (15 minutes) and speed (3 knots), after which abundances are calculated.

abondances sont calculées.

Les longueurs à l'âge pour les juvéniles d'âge un et deux ans pour chacune des cinq espèces d'intérêt sont regroupées dans le Tableau 2. La plupart du temps, les informations concernant la longueur à l'âge proviennent de missions réalisées à une plus grande échelle que celle de l'estuaire maritime (par exemple : 3Pn4RS et 4T pour la morue, 4T pour la plie canadienne, 4VW pour la plie grise) et une variabilité interrégionale peut influencer ces intervalles de longueur. Afin de confirmer ces intervalles de longueur et l'identification des cohortes pour la région de l'estuaire maritime, des histogrammes de fréquence de longueurs ont été réalisés par année pour chacune des cinq espèces d'intérêt à partir des données extraites avec PACES.

Lengths at age for one- and two-year-old juveniles for each of the five species of interest are presented in Table 2. In most cases, length-at-age information are drawn from missions carried out on a scale larger than that of the Lower Estuary (e.g., 3Pn4RS and 4T for cod, 4T for American plaice, 4VW for witch flounder), and interregional variability may influence the length intervals. To confirm these length intervals and cohort identification for the Lower Estuary region, length frequency histograms were made per year for each of the five species of interest from the data extracted with PACES.

Dans l'ensemble, les intervalles de longueur pour chacune des classes d'âge des différentes espèces correspondent assez bien avec la distribution des cohortes obtenues par les histogrammes. C'est surtout le cas pour le flétan du Groenland qui présente des cohortes très marquées correspondant aux intervalles de longueur de 12–22 cm pour les juvéniles d'âge un an et de 23–31 cm pour les juvéniles d'âge deux ans (Yvan Lambert, MPO, communication personnelle; Tableau 2 et Figure 3).

Overall, length intervals for each year-class for the various species correspond well to the cohort distributions obtained with the histograms. This is especially true for Greenland halibut, which presents very marked cohorts corresponding with the length intervals of 12–22 cm for one-year-old juveniles and 23–31 cm for two-year-old juveniles (Yvan Lambert, DFO, personal communication; Table 2 and Figure 3).

Concernant la morue, seules les années 2008, 2009 et 2010 présentent des abondances suffisamment élevées pour distinguer des cohortes (Figure 4). Les juvéniles d'un an présentent un peu de recrutement seulement en 2010 mais cela semble correspondre à l'intervalle de longueur de 12 – 19 cm pour cet âge (Alain Fréchet, MPO, comm. pers.; Tableau 2).

For cod, only 2008, 2009, and 2010 show high enough abundances to distinguish cohorts (Figure 4). One-year-old juveniles show a little recruitment only in 2010 but it seems to correspond to the length interval of 12–19 cm for this age (Alain Fréchet, DFO, pers. comm.; Table 2).

Très peu d'information existe sur la longueur à l'âge des juvéniles de sébastes. Aucun individu < 5 cm n'a été capturé lors des relevés de recherche. La taille pour les sébastes d'un an n'a pas pu être déterminée en raison du manque de données. En conséquence, seuls les sébastes de deux

Very little information exists on juvenile redfish length at age. No individuals <5 cm were caught during the research surveys; size for one-year-old redfish could not be determined due to lack of data. Therefore, only two-year-old redfish were considered in the analysis. Length distribution histograms

ans ont été considérés dans l'analyse. Les histogrammes de distribution de longueur présentent de faibles cohortes de deux ans (Figure 5).

show weak two year-old cohorts (Figure 5).

Les classes d'âge un et deux ans de plie canadienne ne sont pas clairement définies sur les histogrammes de fréquence de longueurs (Figure 6). Cependant, de plus fortes abondances de jeunes plies sont échantillonnées depuis 2008. Ici encore, l'engin de pêche utilisé n'offre pas une bonne capturabilité des petits individus.

Age cohorts for one- and two-year-old American plaice are not clearly defined on the length frequency histograms (Figure 6). However, higher abundances of young plaice have been sampled since 2008. Here again, the fishing gear used may not provide for good catchability of smaller individuals.

Pour la plie grise, les intervalles de longueur obtenus pour les juvéniles d'un an et deux ans (respectivement 8–12 cm et 12–18 cm, Doug Swain, MPO, comm. pers.; Tableau 2) proviennent de données issues des poissons de l'est de la Nouvelle-Écosse. Après analyse des histogrammes de fréquence de longueurs, ces intervalles ne semblaient pas adéquats pour les juvéniles de plie grise de l'estuaire maritime, c'est pourquoi ils ont été élargis à 8–13 cm pour les juvéniles d'âge un an et à 14–20 cm pour les juvéniles d'âge deux ans (Figure 7). Ces nouveaux intervalles ont été utilisés pour réaliser les cartes de distribution.

For witch flounder, the length intervals obtained for one- and two-year-old juveniles (respectively 8–12 cm and 12–18 cm, Doug Swain, DFO, pers. comm.; Table 2) are derived from data from fish from eastern Nova Scotia. After analyzing the length frequency histograms, these intervals did not seem adequate for juvenile witch flounders from the Lower Estuary, which is why they were extended to 8–13 cm for one year-old juveniles and 14–20 cm for two year-old juveniles (Figure 7). These new intervals were used to produce the distribution maps.

Peu d'information sur la taille à l'âge est disponible pour le flétan atlantique. Un juvénile de deux ans ne devrait pas mesurer plus de 40 cm (Diane Archambault, MPO, comm. pers.). En conséquence, les données de juvéniles mesurant 40 cm et moins ont été examinées. Pour la morue ogac, l'information est quasiment inexistante. Toute la série de données a donc été examinée.

Little information on size at age is available for Atlantic halibut. A two-year-old juvenile should not measure more than 40 cm (Diane Archambault, DFO, pers. comm.). Therefore, data for juveniles measuring 40 cm or less were considered. For Greenland cod, information is virtually nonexistent. Hence, the entire data set of data was examined.

La distribution et l'abondance des juvéniles d'âge un an et deux ans sont présentées dans une série de cartes réalisées à l'aide du package PBSmapping (Schnute et al., 2008) disponible dans R (R Development Core Team, 2010). L'échelle des symboles a été choisie selon le code de *proportional symbol mapping* de Tanimura et al. (2006) pour une meilleure visualisation des données spatiales.

The distribution and abundance of one- and two-year-old juveniles are presented in a series of maps produced using the PBSmapping package (Schnute et al., 2008) available in R (R Development Core Team, 2010). Symbol scale was selected based on the proportional symbol mapping code by Tanimura et al. (2006) for a better view of spatial data.

Tableau 1. Dates des missions d'ichtyoplancton réalisées en 2009 et en 2010 dans l'estuaire du Saint-Laurent et le fjord du Saguenay.

Table 1. Dates of ichthyoplankton missions conducted in 2009 and 2010 in the St. Lawrence Estuary and the Saguenay Fjord.

2009	2010
31 mai – 5 juin 31 May – 5 June	11 juin – 18 juin 11 June – 18 June
22 juin – 2 juillet 22 June – 2 July	31 août – 7 septembre 31 August – 7 September
18 juillet – 24 juillet 18 July – 24 July	

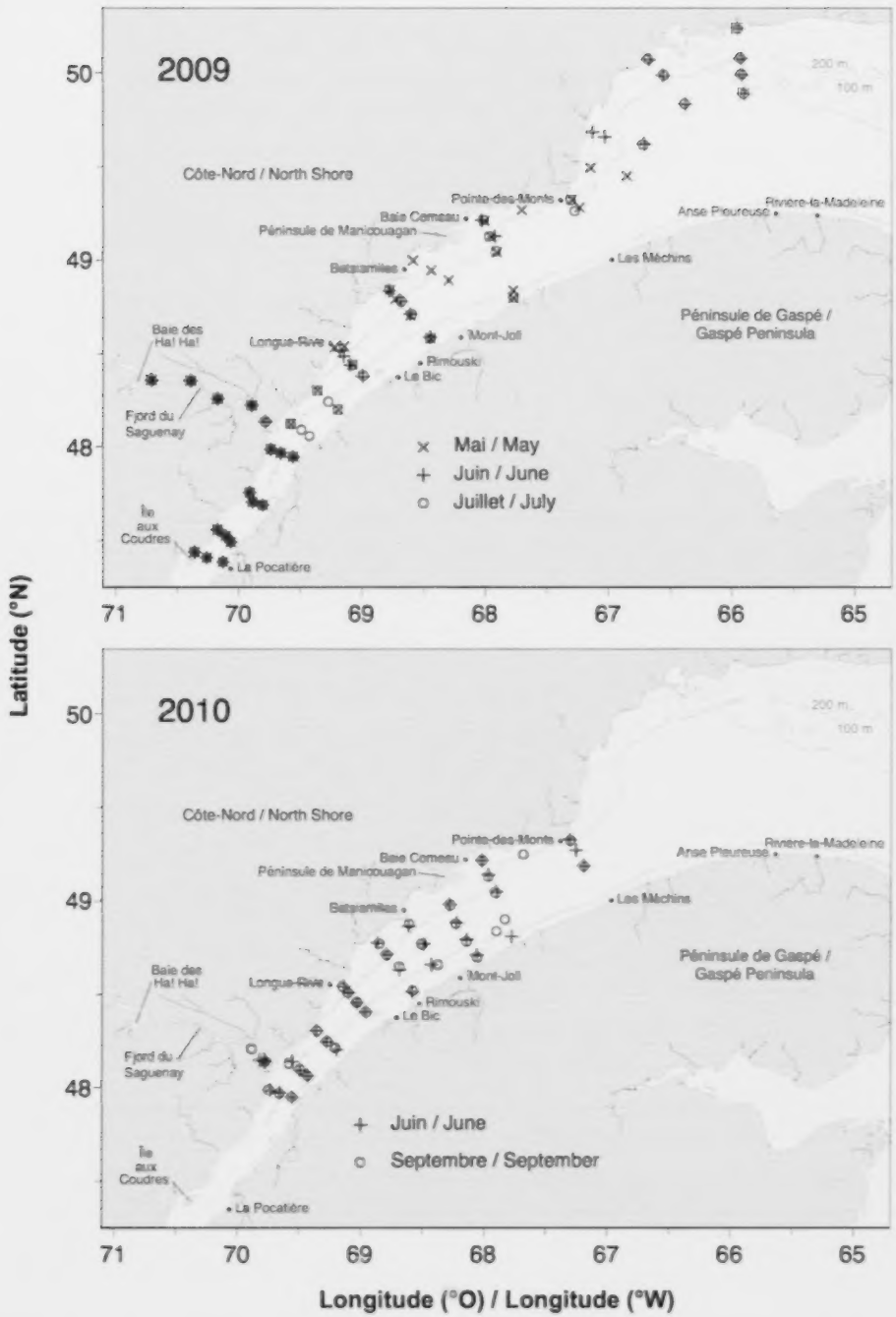

Figure 1. Stations échantillonnées avec les filets Bongo lors des relevés d'ichtyoplancton de 2009 et 2010. La localisation du fjord du Saguenay est aussi indiquée.

Figure 1. Stations sampled with Bongo nets during the 2009 and 2010 ichthyoplankton surveys. The location of the Saguenay Fjord is also indicated.

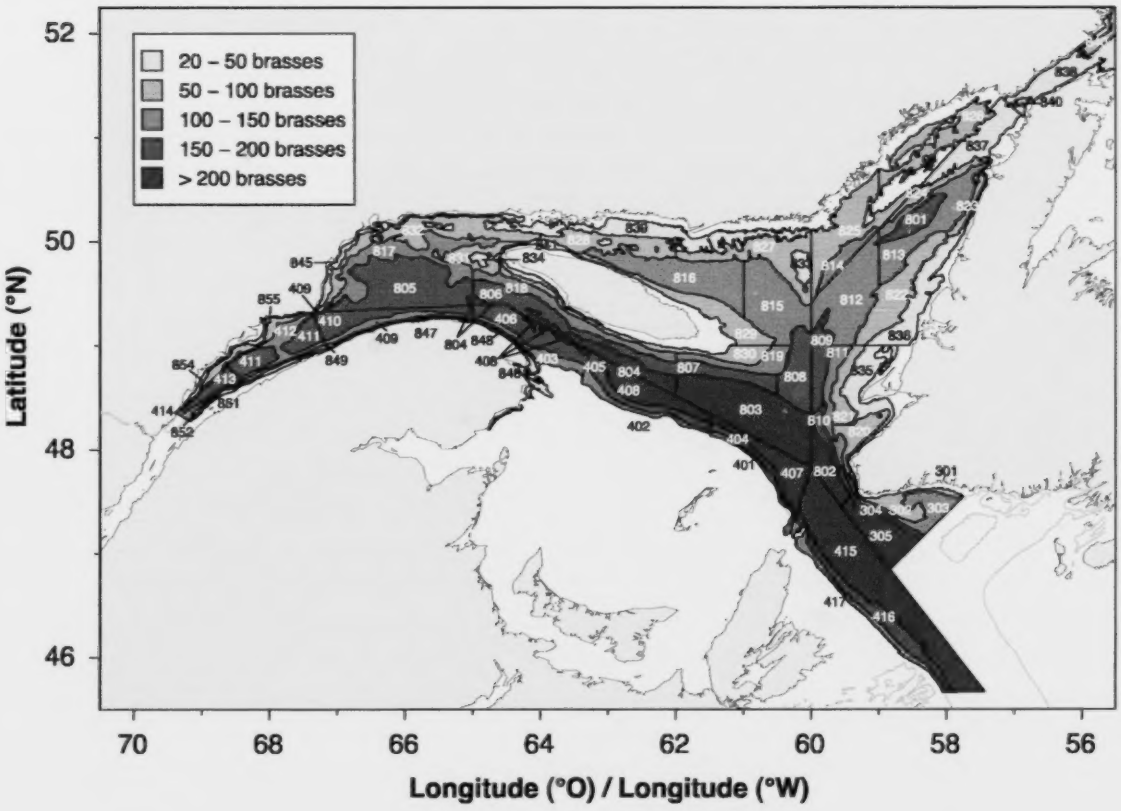

Figure 2. Distribution des strates utilisées lors des missions estivales de recherche sur la crevette nordique et les poissons de fond. Les strates moins profondes de l'Estuaire (< 100 brasses ou 183 m) ajoutées en 2008 sont incluses.

Figure 2. Distribution of strata used during summer research missions on northern shrimp and groundfish. Shallower Estuary strata (<100 fathoms or 183 m) added in 2008 are included.

Tableau 2. Longueurs à l'âge 1 et 2 ans déterminées pour les principales espèces commerciales d'après Bourdages et al. (2010).
Table 2. Lengths at age 1 and 2 determined for the main commercial species according to Bourdages et al. (2010).

Espèce / Species		Longueur / Length (cm)		Source
		1 an / 1 year	2 ans / 2 years	
Morue franche / Atlantic cod	*Gadus morhua*	12-19	20-30	Alain Fréchet[1]
Flétan du Groenland / Greenland halibut	*Reinhardtius hippoglossoides*	12-22	23-31	Yvan Lambert[1]
Sébaste / Redfish	Sebastes mentella	–	7-11	Johanne Gauthier[1] et Jean-Marie Sévigny[1]
Plie grise / Witch flounder	*Glyptocephalus cynoglossus*	8-12	12-18	Doug Swain[2]
Plie canadienne / American plaice	*Hippoglossoides platessoides*	6-10	10-15	Rod Morin[2] et Johanne Gauthier[1]
Flétan atlantique / Atlantic halibut	*Hippoglossus hippoglossus*	-	≤ 40	Diane Archambault[1]

[1] Institut Maurice-Lamontagne, Pêches et Océans Canada, 850, Route de la Mer, C. P. 1000, Mont-Joli, QC, G5H 3Z4.

[2] Centre des Pêches du Golfe, Pêches et Océans Canada, 343, Avenue Université, C. P. 5030, Moncton, N.-B., E1C 9B6.

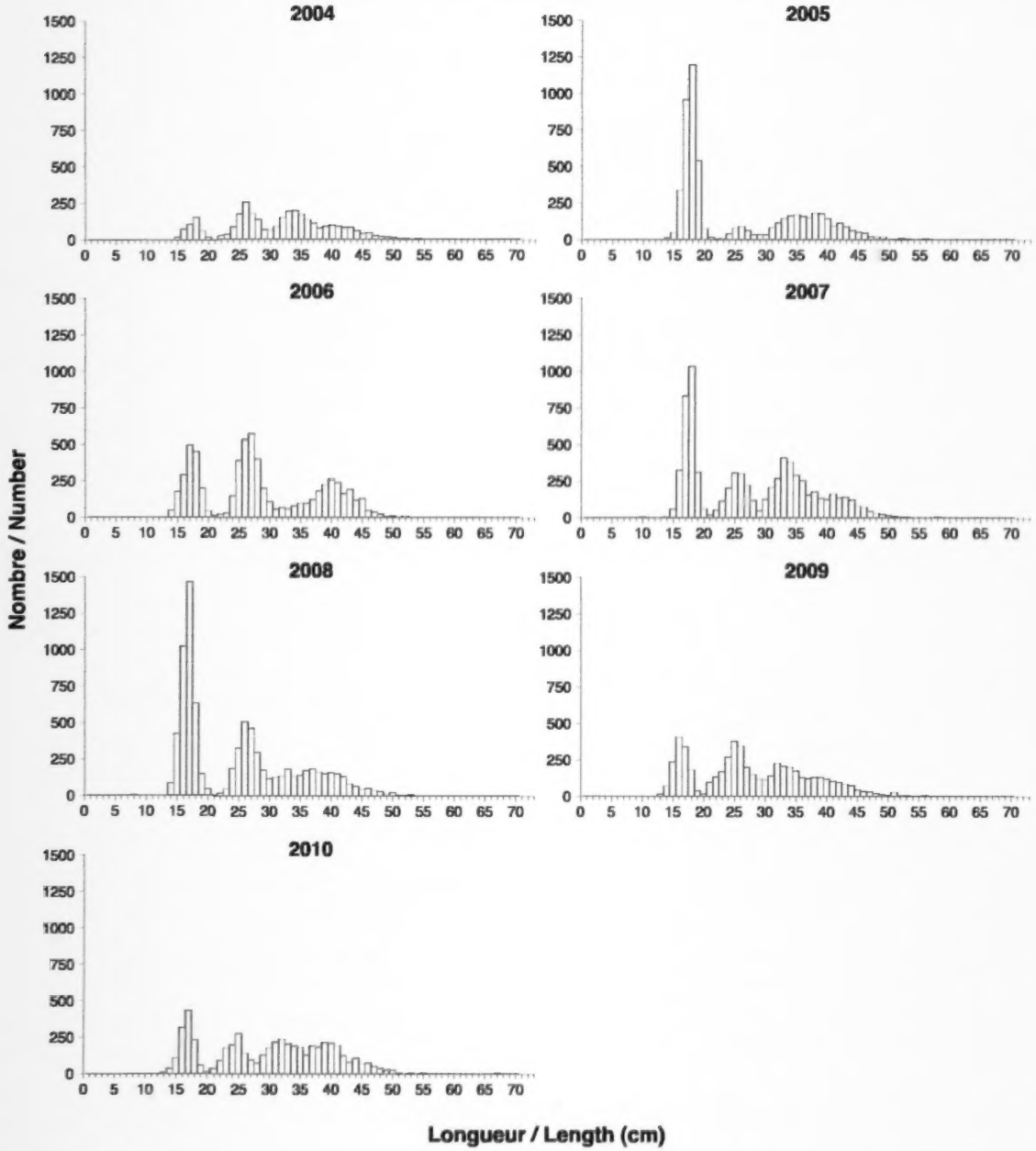

Figure 3. Distribution des fréquences de longueur du flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*) issues du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010.

Figure 3. Length frequency distribution of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010.

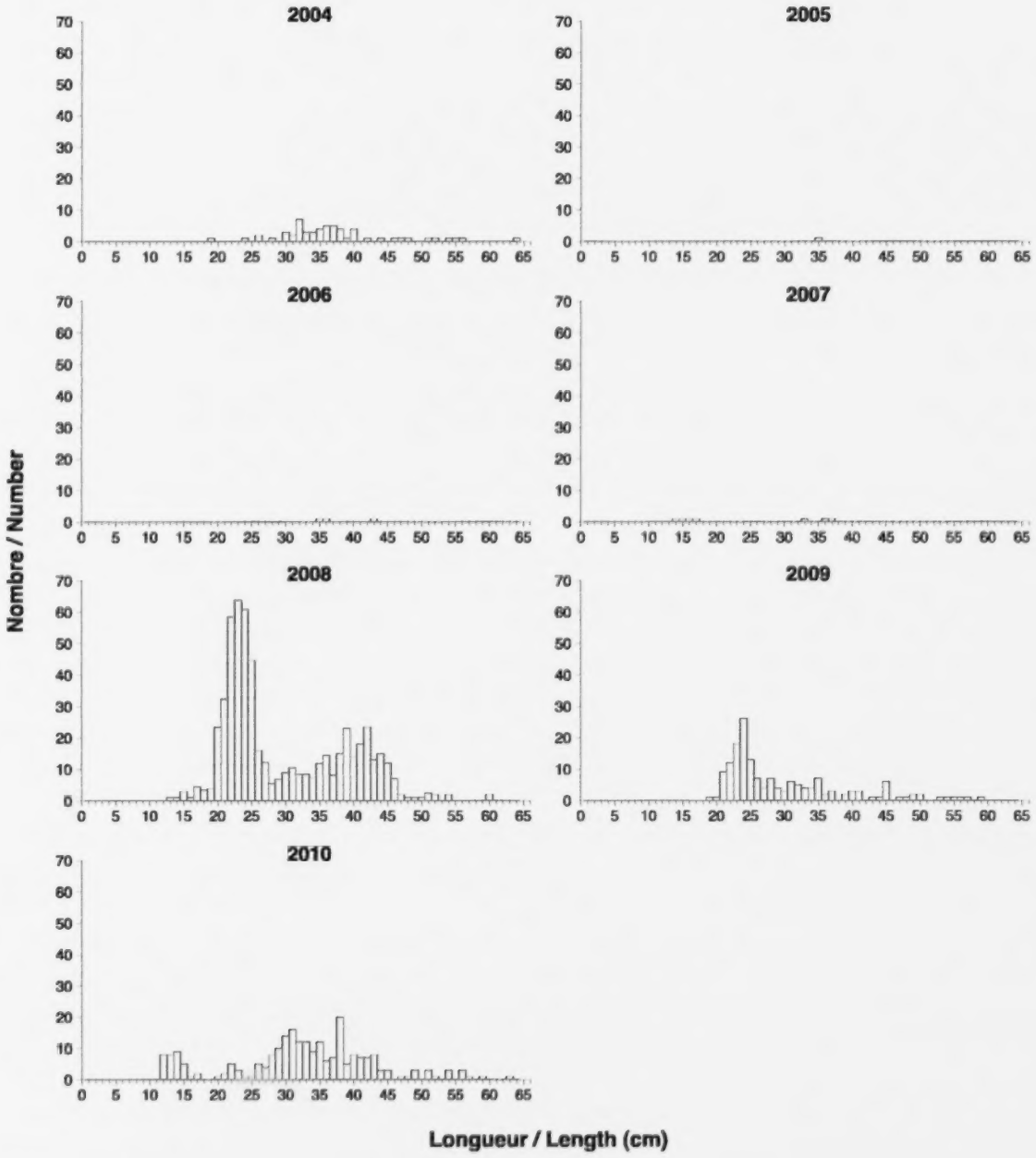

Figure 4. Distribution des fréquences de longueur de la morue franche (*Gadus morhua*) issues du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010.

Figure 4. Length frequency distribution of Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010.

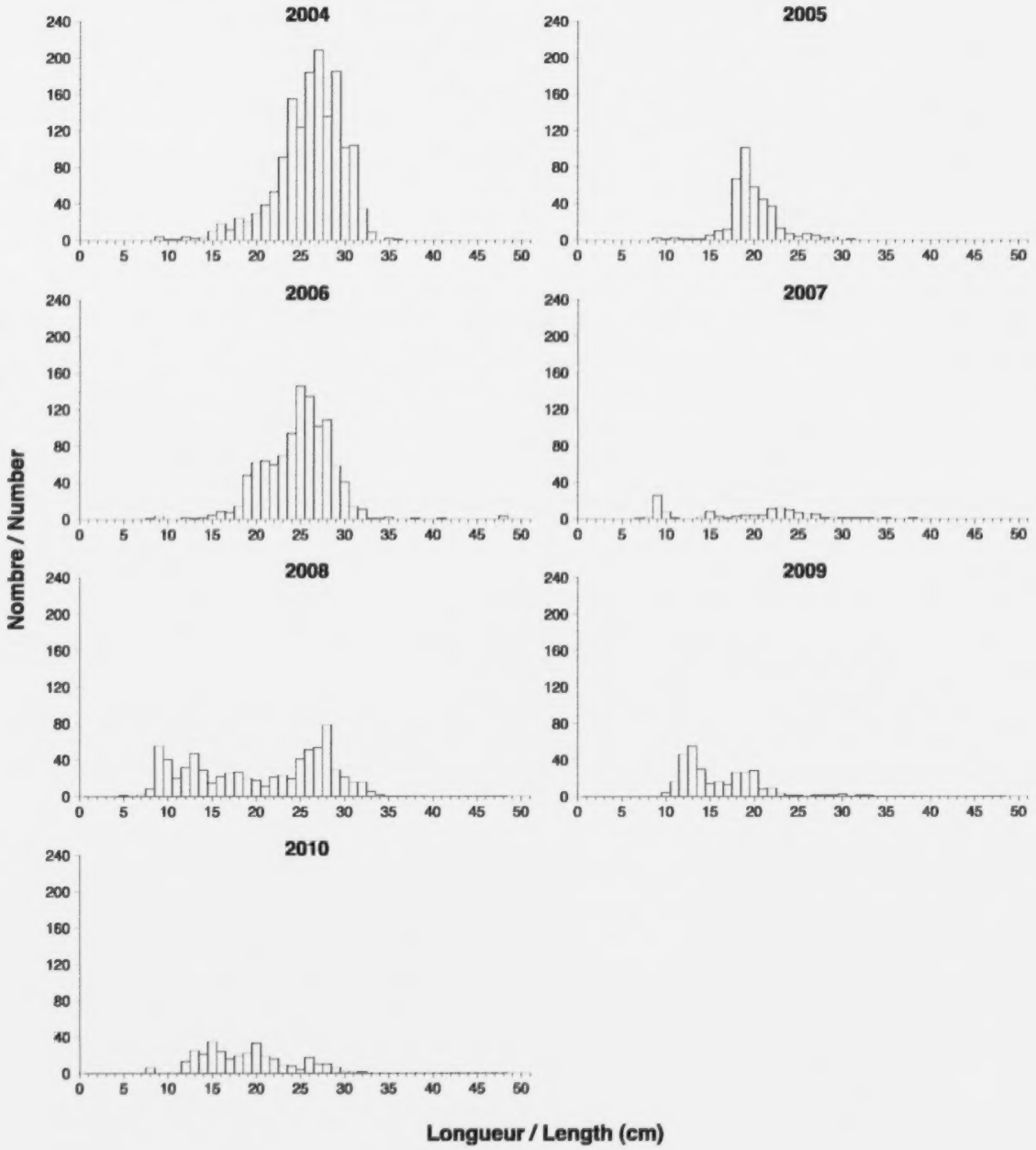

Figure 5. Distribution des fréquences de longueur du sébaste (*Sebastes mentella*) issues du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010.

Figure 5. Length frequency distribution of redfish (*Sebastes mentella*) from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010.

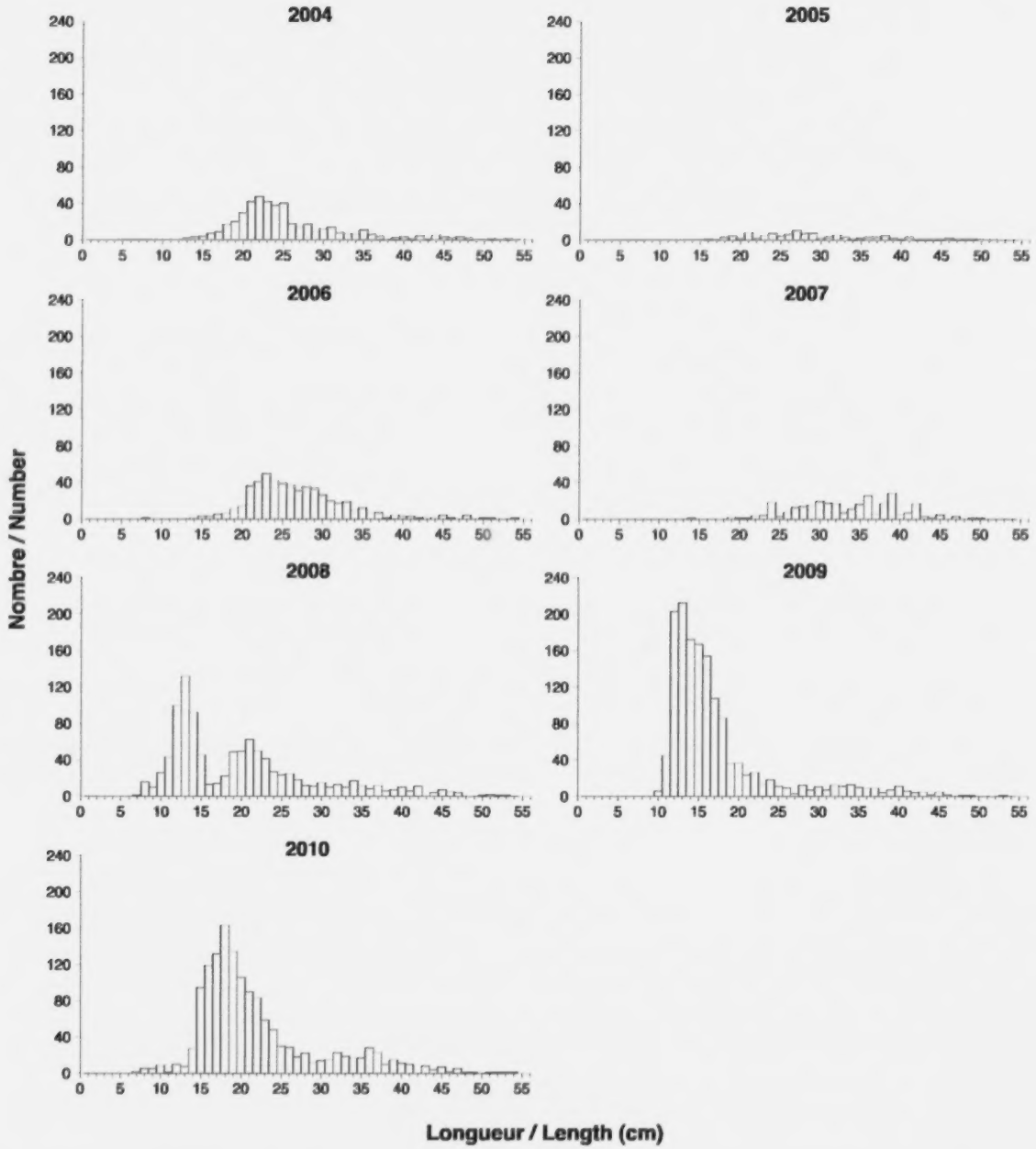

Figure 6. Distribution des fréquences de longueur de la plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*) issues du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010.

Figure 6. Length frequency distribution of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010.

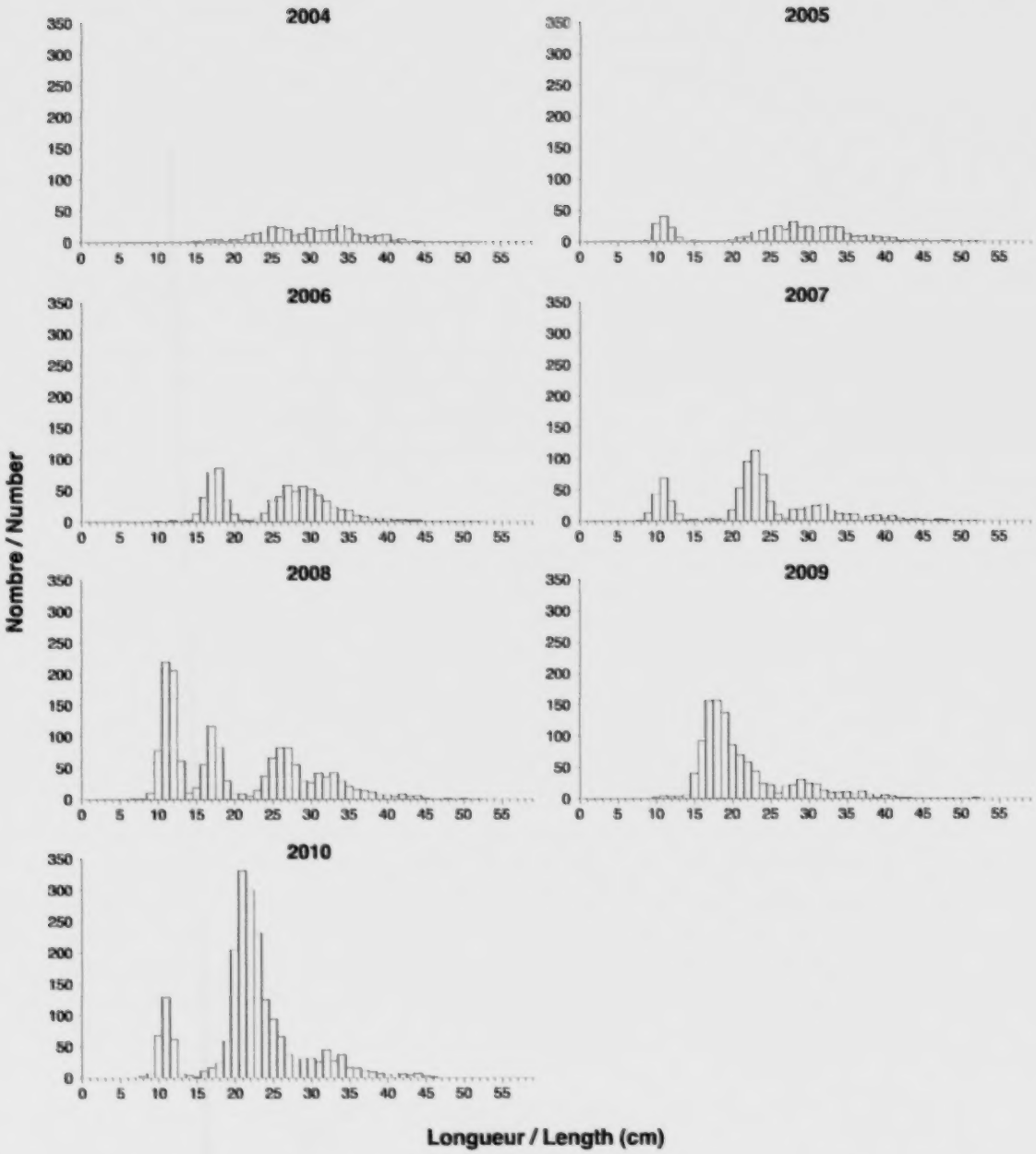

Figure 7. Distribution des fréquences de longueur de la plie grise (*Glyptocephalus cynoglossus*) issues du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010.

Figure 7. Length frequency distribution of witch flounder (*Glyptocephalus cynoglossus*) from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010.

3. RÉSULTATS

3.1 Distribution et abondance des larves

Les résultats de composition et d'abondance de la communauté ichtyoplanctonique sont regroupés au Tableau 3. Pour le relevé de 2009, 21 taxons de larves de poissons ont été identifiés ainsi que cinq catégories ou taxons d'œufs de poissons. La majorité des espèces retrouvées sont des espèces démersales non commerciales. Le capelan était largement dominant numériquement et représentait plus de 90 % de la communauté à chaque relevé. Les résultats concernant les larves de capelan feront l'objet d'une publication prochaine (Ouellet et al., en préparation) et ne seront donc pas traités dans le présent rapport.

Parmi les espèces visées par la pêche blanche, certaines ont été retrouvées dans des zones bien précises comme par exemple, les larves d'éperlan arc-en-ciel ont été retrouvées dans la région de l'île aux Coudres en 2009 et à une station dans le fjord du Saguenay et les larves de *Gadus* spp. ont été retrouvées uniquement dans le fjord du Saguenay en juillet 2009 (Figure 8). En 2009, les larves de sébastes ont majoritairement été retrouvées dans le fjord du Saguenay et aux stations du nord-ouest du Golfe, ainsi qu'à quelques stations à l'embouchure de l'Estuaire vers Pointe-des-Monts (Figure 9). Plus de larves de sébaste ont été retrouvées dans l'estuaire maritime en 2010 qu'en 2009 (N.B. : le nord-ouest du Golfe n'a pas été échantillonné en 2010; Figure 9). Les longueurs à la notochorde des larves de sébaste de juillet 2009 sont significativement différentes entre le Fjord, l'estuaire maritime et le nord-ouest du Golfe (test Kruskal-Wallis, $p<0.001$; Figure 10). Les larves du Fjord sont en moyenne plus grandes (7,96 mm) que celles de l'Estuaire (6,58 mm) et du Golfe (7,42 mm) et elles présentent des gammes de longueur plus étroites (7,35–8,53 mm) que celles de l'estuaire maritime et du nord-ouest du Golfe (5,29–9,02 mm et 4,09–12,99 mm,

3. RESULTS

3.1 Distribution and abundance of larvae

The ichthyoplankton community composition and abundance results are shown in Table 3. For the May 2009 survey, a total of 21 taxa of fish larvae were identified and five categories or fish egg taxa. Most of the species found were non-commercial demersal species. Capelin was overwhelmingly dominant numerically, accounting for over 90% of the community for each survey. The results for capelin larvae will soon be published (Ouellet et al., in preparation) and are thus not covered in this report.

Of the species targeted by the ice fishery, some were found in very specific areas. For example, rainbow smelt larvae were found in the Ile aux Coudres region in 2009 and at a station in the Saguenay Fjord, and *Gadus* spp. larvae were found only in the Saguenay Fjord in July 2009 (Figure 8). In 2009, redfish larvae were mainly found in the Saguenay Fjord and at the northwest Gulf stations as well as at a few stations at the mouth of the Estuary around Pointe-des-Monts (Figure 9). More redfish larvae were found in the Lower Estuary in 2010 than in 2009 (NB: the northwest Gulf was not sampled in 2010; Figure 9). Notochord lengths of redfish larvae in July 2009 were significantly different among the Fjord, the Lower Estuary, and the northwest Gulf (Kruskal-Wallis test, $p<0.001$; Figure 10). The Fjord larvae were larger on average (7.96 mm) than those of the Estuary (6.58 mm) and Gulf (7.42 mm) and have narrower length ranges (7.35–8.53 mm) than those of the Lower Estuary, and northwest Gulf (5.29–9.02 mm and 4.09–12.99 mm, respectively). The lengths of a few larvae (n=4) found in September 2010 are close to the recorded average for the Lower Estuary in July 2009 (7.94 mm, 6.74 mm, 7.65 mm, and 6.27 mm).

respectivement). Les longueurs des quelques larves (n=4) retrouvées en septembre 2010 sont proches de la moyenne enregistrée pour l'estuaire maritime en juillet 2009 (7,94 mm, 6,74 mm, 7,65 mm et 6,27 mm).

Le groupe d'œufs CHW inclut les œufs de morue franche mais aussi ceux de plie grise et d'aiglefin. Les œufs de CHW de mai 2009 ont été retrouvés au niveau de l'estuaire maritime et à une station dans le nord-ouest du Golfe près de l'embouchure de l'Estuaire (Figure 11). Parallèlement, trois larves de plie grise ont été retrouvées à une station dans le nord-ouest du Golfe (Figure 11)

Concernant les autres espèces commerciales, mais non visées par la pêche blanche, aucune larve de flétan du Groenland ou de flétan atlantique n'était présente aux stations échantillonnées pour les deux années. La plie canadienne est la seule espèce pour laquelle les stades d'œuf, de larve et de juvénile ont été retrouvés dans les relevés. La distribution des œufs identifiés en mai 2009 montre des concentrations le long de la Côte Nord, en aval de Pointe-des-Monts jusqu'au niveau de Longue-Rive. Les larves de plie canadienne récoltées en juillet 2009 ont été retrouvées à deux stations dans le nord-ouest du Golfe (n=1 pour chaque station; Figure 12).

3.2 Distribution et abondance des juvéniles

Les abondances les plus élevées de juvéniles ont été enregistrées pour le flétan du Groenland suivi de la morue franche, de la plie canadienne, de la plie grise et du sébaste.

Concernant le flétan du Groenland, des juvéniles d'un et deux ans ont été pêchés à quasiment toutes les stations échantillonnées dans l'aire d'étude et tout au long de la série temporelle (Figures 13 et 14). Les juvéniles d'un an étaient plus concentrés dans la partie amont près de Betsiamites sauf en 2005 où la distribution

The CHW egg group includes eggs from Atlantic cod, witch flounder, and haddock. CHW eggs from May 2009 were found in the Lower Estuary and at a station in the northwest Gulf near the mouth of the Estuary (Figure 11). Three witch flounder larvae were found at a station in the northwest Gulf (Figure 11).

Concerning the other commercial species not targeted by the ice fishery, there were no Greenland halibut or Atlantic halibut larvae present at the stations sampled in either year. American plaice is the only species for which eggs, larvae, and juveniles were found in the surveys. The distribution of eggs identified in May 2009 shows concentrations along the north shore of the Estuary downstream from Pointe-des-Monts until the Longue-Rive area. In July 2009, American plaice larvae were found at two stations in the northwest Gulf (n=1 for each station; Figure 12).

3.2 Distribution and abundance of juveniles

The highest abundances were recorded for Greenland halibut followed by Atlantic cod, American plaice, witch flounder, and redfish.

One- and two-year-old juvenile Greenland halibut were caught at almost all stations sampled in the study area and throughout the time series (Figures 13 and 14). One-year-old juveniles were more concentrated upstream of Betsiamites except for 2005, when the distribution was more homogeneous among the stations sampled

est plus homogène entre les stations échantillonnées (Figure 13). Les résultats pour les juvéniles de deux ans ne montrent pas de zones de concentration particulièrement élevée. En effet la distribution est plus uniforme que pour celle des juvéniles d'âge un an. Les juvéniles de flétan du Groenland ont été surtout retrouvés dans les strates profondes, mais sont également présents aux strates moins profondes comme le montre la carte de distribution de 2008 pour les juvéniles de deux ans (Figure 14).

(Figure 13). The results for two-year-old juveniles showed no areas of particularly high concentration. In fact, the distribution was more uniform than for one-year-old juveniles. Greenland halibut juveniles were mainly found in deep strata, but were also present in shallower strata as shown in the 2008 distribution map for two-year-old juveniles (Figure 14).

Les abondances des juvéniles de morue franche et de plie canadienne ont montré des augmentations très nettes à partir de 2008, surtout pour les juvéniles de deux ans dans les strates peu profondes de l'estuaire maritime (NB : l'année 2008 est la première année où les strates peu profondes ont été échantillonnées dans l'Estuaire – Figures 15, 16, 17 et 18). Les juvéniles de morue franche se distribuent de façon plus concentrée au nord de l'estuaire maritime particulièrement aux stations échantillonnées au large de Baie Comeau (2008 et 2010) et de la péninsule de Manicouagan (2008 et 2009) (Figures 15 et 16). Les juvéniles de plie canadienne sont présents autant au nord qu'au sud de l'Estuaire et quasiment uniquement dans les strates moins profondes (Figure 17 et 18). Les concentrations de juvéniles de plie canadienne sont observées dans les mêmes secteurs que les juvéniles de morue au nord de l'Estuaire et aussi en amont de Betsiamites. Au sud, les juvéniles de plie canadienne sont concentrés entre Les Méchins et Mont-Joli pour les juvéniles d'âge un an et jusqu'à la hauteur du Bic pour les juvéniles de deux ans (Figure 17 et 18).

The abundances of juvenile Atlantic cod and American plaice have sharply increased beginning in 2008, especially for two-year-old juveniles in the Lower Estuary in shallower strata (NB: 2008 was the first year when shallow strata were sampled in the Estuary; Figures 15, 16, 17 and 18). The juvenile Atlantic cod distribution is more concentrated in the northern part of the Lower Estuary, particularly at stations sampled off Baie Comeau (2008 and 2010) and off the Manicouagan Peninsula (2008 and 2009) (Figures 15 et 16). American plaice juveniles are present on both the north and south shores of the Estuary and virtually only in the shallower strata (Figures 17 and 18). Concentrations of American plaice juveniles were observed in the same sectors as Atlantic cod juveniles in the northern part of the Estuary and upstream from Betsiamites. To the south, American plaice juveniles were concentrated between Les Méchins and Mont-Joli for one-year-old juveniles and up to Bic for two-year-old juveniles (Figures 17 and 18).

Pour le sébaste, les abondances des juvéniles de deux ans sont relativement faibles tout au long de la série temporelle, à l'exception de l'année 2008, pour laquelle de grandes concentrations de juvéniles ont été relevées pour la grande majorité des stations (Figure 19). Les juvéniles étaient présents dans les strates moins profondes comme

For redfish, abundances of two-year-old juveniles were relatively low throughout the time series, with the exception of 2008, for which high concentrations of juveniles were found at most stations (Figure 19). Juveniles were present both in shallower and deeper strata and relatively consistent in the area. However, a maximum abundance was

dans les strates profondes et de façon assez uniforme dans la zone. Cependant une abondance maximale a été relevée à une station au nord de la péninsule gaspésienne à la limite de l'estuaire maritime.

Pour la plie grise, les abondances les plus élevées de juvéniles ont été enregistrées en 2008 et en 2010 pour les juvéniles d'âge un an et en 2006, 2008, 2009 et 2010 pour les juvéniles de deux ans (Figure 20 et 21). Les juvéniles de plie grise sont retrouvés aux strates profondes comme moins profondes et les résultats ne démontrent pas de zones de concentration particulière.

Seulement deux individus de morues ogac (l'un mesurait 15 cm et l'autre 23 cm) ont été pêchés dans une strate peu profonde au large de la péninsule de Manicouagan. Des juvéniles de flétan atlantique ont été récoltés à quelques stations lors de plusieurs années (2004, 2005, 2006 et 2010), mais il ne s'agissait que d'un ou deux individus dans le secteur au nord de la péninsule gaspésienne au niveau de l'Anse-Pleureuse – Rivière-la-Madeleine, dans le nord-ouest du Golfe. Quelques juvéniles ont également été retrouvés au large de la Côte Nord au niveau de Longue-Rive en 2004 et 2008, au large de Mont-Joli en 2004 et, dans une strate peu profonde, au large de la péninsule de Manicouagan en 2009. Les distributions pour ces deux espèces ne sont pas présentées sous forme de cartes étant donné le caractère anecdotique de leur présence dans les échantillons.

recorded at a station north of the Gaspé Peninsula at the boundary of the Lower Estuary.

For witch flounder, the highest abundances were recorded in 2008 and 2010 for one-year-old juveniles and in 2006, 2008, 2009, and 2010 for two-year-old juveniles (Figures 20 and 21). Witch flounder juveniles are found in both shallow and deep strata; the results do not show specific areas of concentration.

Only two Greenland cod individuals (one measuring 15 cm and the other 23 cm) were caught in a shallow stratum off the Manicouagan Peninsula. Atlantic halibut juveniles were sampled at several stations over several years (2004, 2005, 2006, and 2010), but there were only one or two individuals in the area north of the Gaspé Peninsula near Anse Pleureuse - Rivière-la-Madeleine, in the northwest Gulf. Some juveniles were also found off the Côte Nord around Longue-Rive in 2004 and 2008, off Mont-Joli in 2004, and, in a shallow stratum off the Manicouagan Peninsula in 2009. Distributions for these two species are not presented in map form given the anecdotal evidence of their presence in the samples.

Tableau 3. Composition de la communauté d'ichtyoplancton et abondance moyenne (Ab; nb m^{-3}) des espèces pour les missions de 2009 et 2010 et leur proportion relative (%). La dominance du capelan dans les échantillons est indiquée en caractères gras.
Table 3. Composition of the ichthyoplankton community and mean abundance (Ab; nb m^{-3}) of species for the 2009 and 2010 missions, and their relative proportion (%). Capelin dominance in the samples is indicated in bold.

Taxon		05/2009		06/2009		07/2009		06/2010		09/2010	
Nom commun / Common name	**Nom latin / Latin name**	**Ab.**	**%**	**Ab.**	**%**	**Ab.**	**%**	**Ab.**	**%**	**Ab.**	**%**
Lançons spp. / Sandlance.	*Ammodytes* spp.	0.01036	0.3160	0.00212	0.0566	0.00004	0.0004	0.01303	1.5887	-	-
Poisson-alligator atlantique / Alligator fish	*Aspidophoroides monopterygius*	0.00048	0.0147	0.00004	0.0012	0.00022	0.0019	0.00007	0.0090	-	-
Hareng atlantique / Atlantic herring	*Clupea harengus*	0.00039	0.0119	0.02979	0.7957	0.02184	0.1873	0.00007	0.0090	0.00059	1.6105
Motelle à quatre barbillons / Fourbeard rockling	*Enchelyopus cimbrius*	-	-	-	-	0.00048	0.0041	-	-	-	-
Morue ogac / Greenland cod	*Gadus ogac*	-	-	-	-	0.00145	0.0124	-	-	-	-
Plie grise / Witch flounder	*Glyptocephalus cynoglossus*	-	-	-	-	0.00026	0.0022	-	-	-	-
Tricorne arctique / Arctic staghorn sculpin	*Gymnocanthus tricuspis*	-	-	0.00025	0.0068	0.00119	0.0102	0.00016	0.0190	0.00006	0.1677
Plie canadienne / American plaice	*Hippoglossoides platessoides*	-	-	-	-	0.00015	0.0013	-	-	-	-
Lompénie tachetée / Daubed shanny	*Leptoclinus maculatus*	-	-	-	-	-	-	0.00003	0.0039	-	-
Limande à queue jaune / Yellowtail flounder	*Limanda ferruginea*	-	-	-	-	0.00010	0.0009	-	-	-	-
Limace spp. / Snailfish	*Liparis* spp	0.00072	0.0221	0.00351	0.0938	0.01420	0.1218	0.00321	0.3910	0.00077	2.0923
Capelan / Capelin	***Mallotus villosus***	**3.26461**	**99.5668**	**3.65817**	**97.7574**	**11.61140**	**99.5759**	**0.76444**	**93.2125**	**0.03482**	**94.5444**
Crapaud de mer nain / Grubby	*Myoxocephalus aenaeus*	-	-	0.00066	0.0177	-	-	-	-	-	-
Chaboisseau à épines courtes / Shorthorn sculpin	*Myoxocephalus scorpius*	0.00021	0.0065	-	-	-	-	-	-	-	-
Éperlan arc-en-ciel / Rainbow smelt	*Osmerus mordax*	0.00048	0.0147	0.04511	1.2048	0.00468	0.0401	-	-	-	-

Tableau 3, suite.

Table 3, continued.

Taxon		05/2009		06/2009		07/2009		06/2010		09/2010	
Nom commun / Common name	**Nom latin / Latin name**	**Ab.**	**%**	**Ab.**	**%**	**Ab.**	**%**	**Ab.**	**%**	**Ab.**	**%**
Sigouine de roche / Rock gunnel	*Pholis gunnellus*	0.00168	0.0512	0.00119	0.0319	0.00039	0.0033	0.00057	0.0699	-	-
Maquereau bleu / Atlantic mackerel	*Scomber scombrus*	-	-	0.00011	0.0029	0.00047	0.0041	-	-	-	-
Sébaste / Redfish	*Sebastes* spp.	-	-	0.00178	0.0477	0.00479	0.0411	0.00270	0.3292	0.00025	0.67137
Stichée arctique / Arctic shanny	*Stichaeus punctulatus*	0.00009	0.0029	0.00013	0.0036	-	-	-	-	-	-
Ulvaire deux-lignes / Radiated shanny	*Ulvaria subbifurcata*	-	-	0.00090	0.0241	0.00079	0.0068	0.01561	1.9037	0.00004	0.1157
Merluche blanche / White hake	*Urophycis tenuis*	-	-	-	-	0.00023	0.0019	-	-	-	-
Œufs de poissons / Fish eggs		-	-	2.78044	100	0.12327	100	-	-	-	-
Œufs H4B / H4B eggs [1]		0.13069		-	-	-	-	-	-	-	-
Œufs de plie canadienne / American plaice eggs	*Hippoglossoides platessoides*	0.00318		-	-	-	-	-	-	-	-
Œufs CHW / CHW eggs [2]		0.00176		-	-	-	-	-	-	-	-
Œufs de goberge / Pollock eggs	*Pollachius virens*	0.00005		-	-	-	-	-	-	-	-
Œufs de capelan / Capelin eggs	*Mallotus villosus*	0.09669		-	-	-	-	-	-	-	-

[1] H4B regroupe les œufs d'autres gadidés et merluccidés (merlus), ainsi que motelle à quatre barbillons (*Enchelyopus cimbrius*), stromatée à fossettes (*Peprilus triachantus*), turbot de sable (*Scophthalmus aquosus*) et turbot du Gulf Stream (*Citharichthys arctifrons*).
[1] H4B includes eggs of gadid and merluciid hakes, as well as fourbeard rockling (*Enchelyopus cimbrius*), butterfish (*Peprilus triachantus*), windowpane *(Scophthalmus aquosus)*, and Gulf Stream flounder (*Citharichthys arctifrons*).
[2] CHW regroupe les œufs de morue franche, plie grise et aiglefin (*Melanogrammus aeglefinus*).
[2] CHW includes eggs of Atlantic cod, witch flounder, and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*).

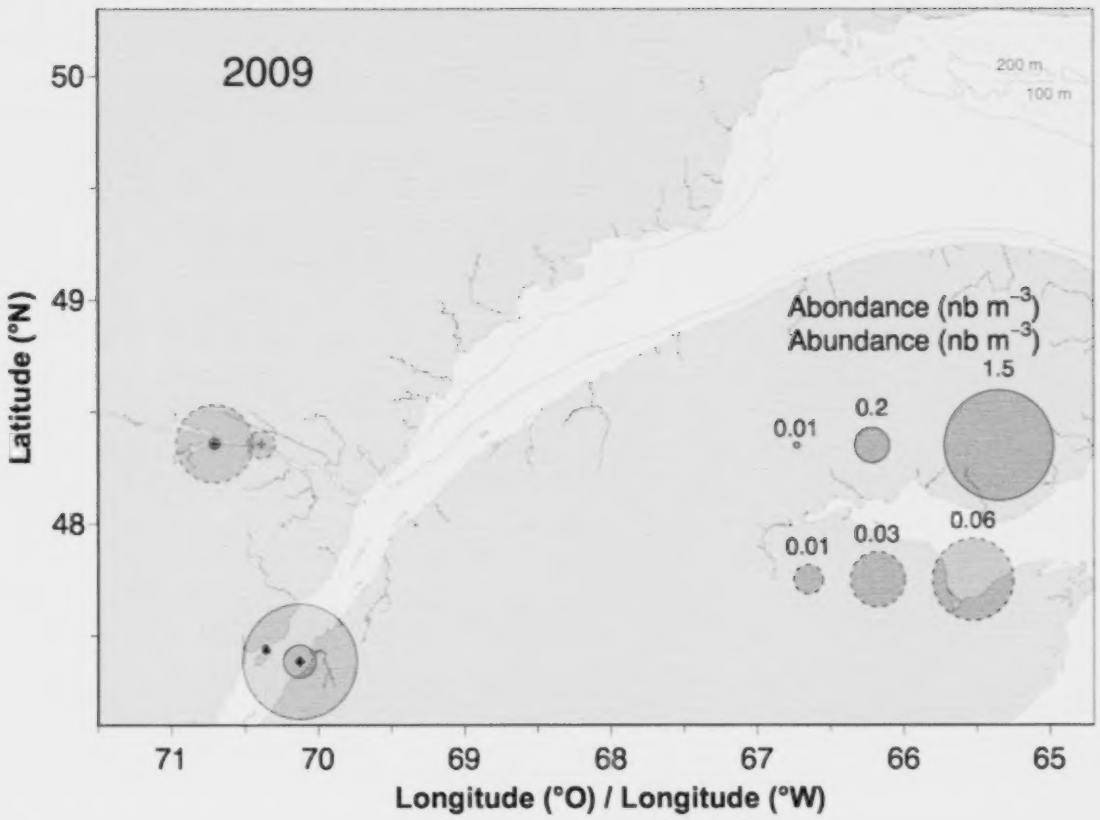

Figure 8. Distribution des abondances de larves d'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*; ligne continue) et de morue ogac (*Gadus ogac*; ligne pointillée) récoltées lors des relevés de 2009.

Figure 8. Abundance distribution of rainbow smelt (*Osmerus mordax*; solid line) and Greenland cod (*Gadus ogac*; dotted line) collected during the 2009 surveys.

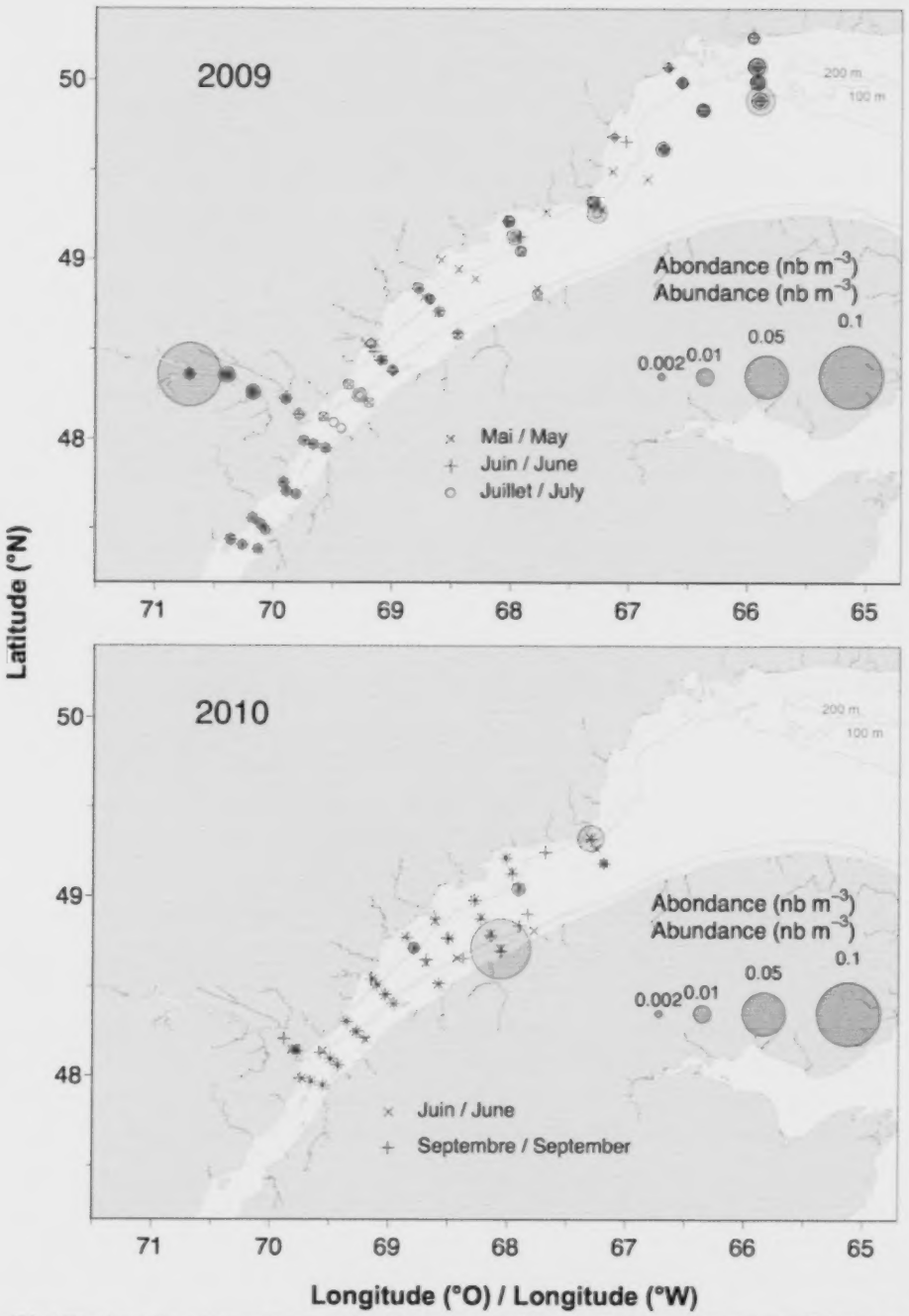

Figure 9. Distribution des abondances de larves de sébaste (*Sebastes mentella*) dans le fjord du Saguenay, l'estuaire et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent en 2009 et l'estuaire maritime en 2010.

Figure 9. Abundance distribution of redfish (*Sebastes mentella*) in the Saguenay Fjord, Estuary, and northwest Gulf of St. Lawrence in 2009 and in the Lower Estuary in 2010.

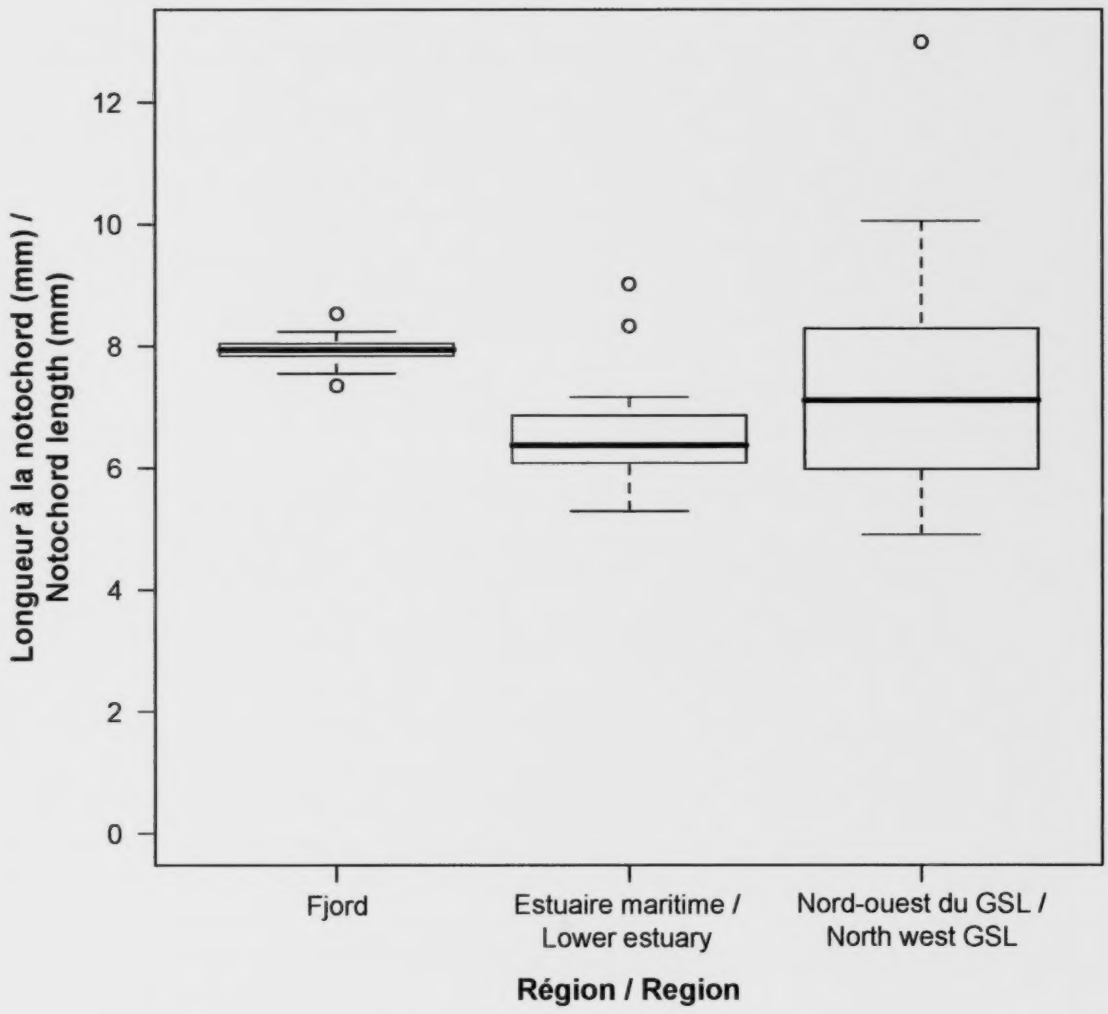

Figure 10. Boîte à moustache des longueurs (mm) à la notochorde de larves de sébaste mesurées dans le fjord du Saguenay, l'estuaire maritime et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent en juillet 2009.

Figure 10. Box plot of notochord lengths (mm) of redfish larvae measured in the Saguenay Fjord, the Lower Estuary, and the northwest Gulf of St. Lawrence in July 2009.

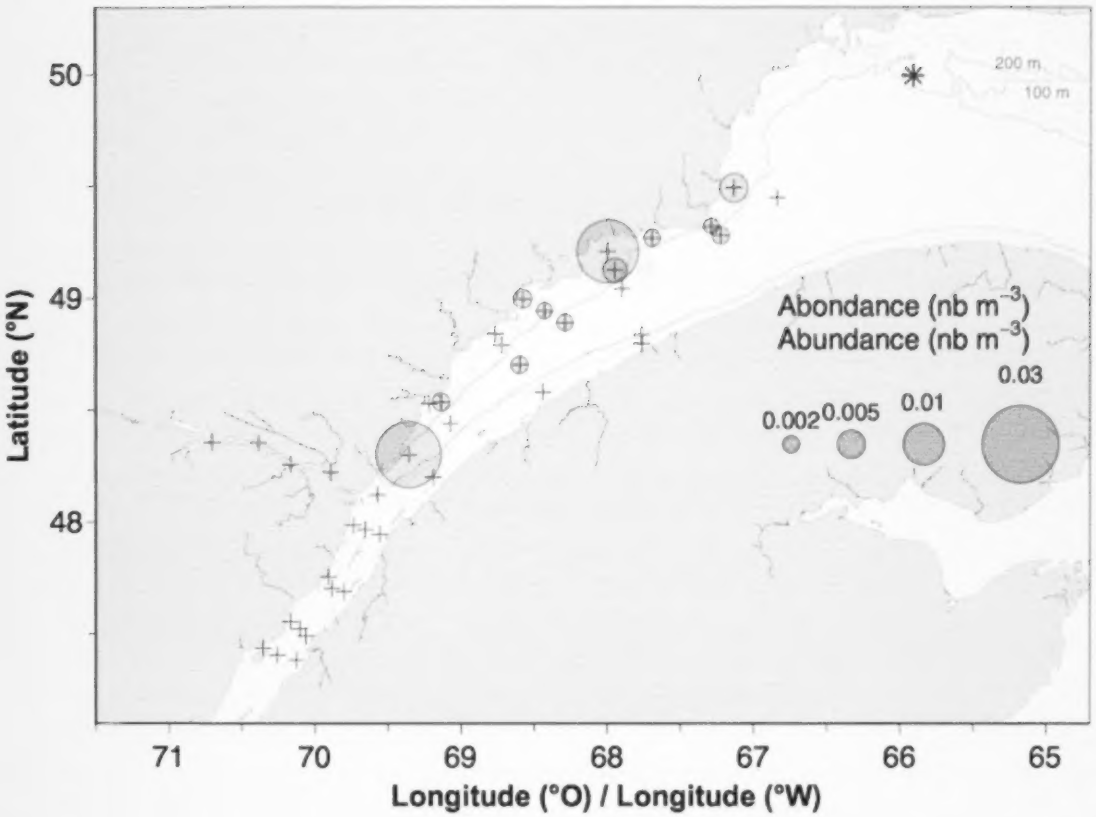

Figure 11. Distribution des abondances d'œufs CHW (morue franche, aiglefin, plie grise) dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent échantillonnés en mai 2009. La position des stations où les larves (n=3) de plie grise ont été récoltées lors de la mission de juillet 2009 est marquée par une étoile (∗). + : positions des stations échantillonnées.

Figure 11. Distribution of CHW egg abundances (Atlantic cod, haddock, witch flounder) in the Lower St. Lawrence Estuary sampled in May 2009. The station positions where witch flounder larvae (n=3) were collected during the July 2009 mission are marked with an asterisk (∗). +: positions of sampled stations.

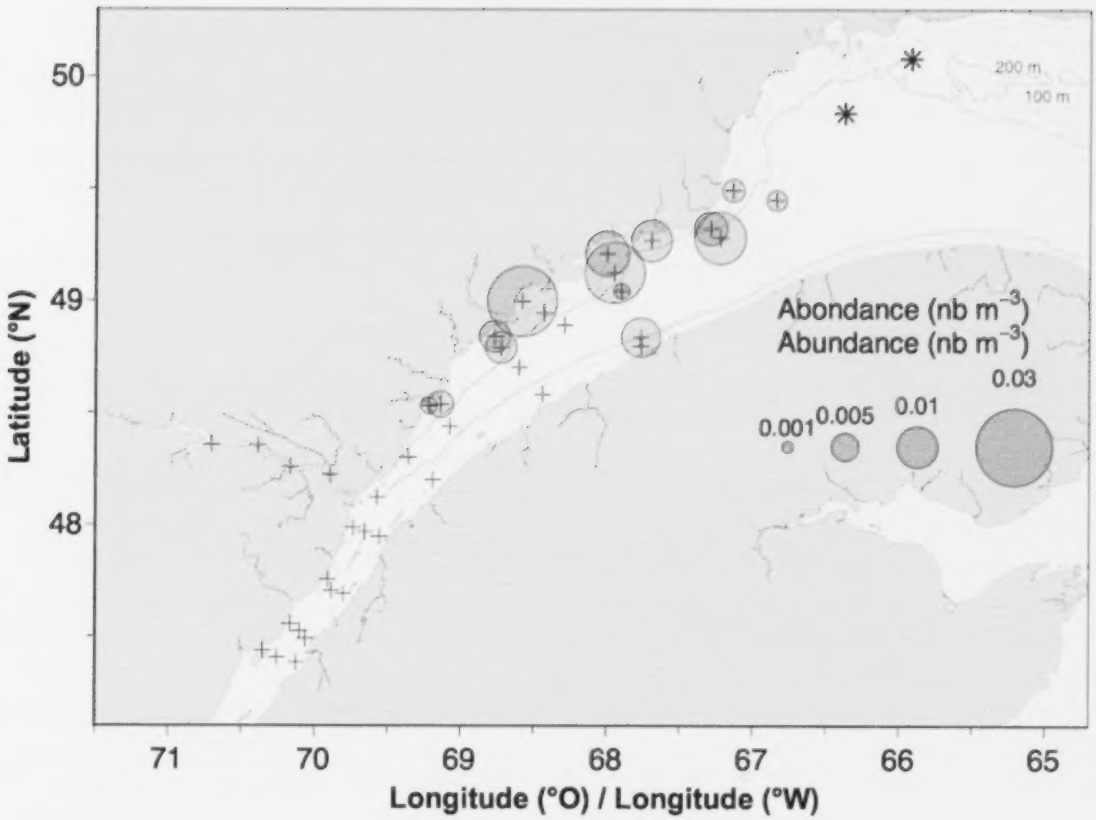

Figure 12. Distribution des abondances d'œufs de plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*) dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent échantillonnés en mai 2009. La position des stations où les larves de plie canadienne ont été récoltées lors de la mission de juillet 2009 est marquée par une étoile (*). + : position des stations échantillonnées.

Figure 12. Distribution of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) egg abundances in the Lower St. Lawrence Estuary sampled in May 2009. The station positions where American plaice larvae were collected during the July 2009 mission are marked with asterisks (*). +: positions of sampled stations.

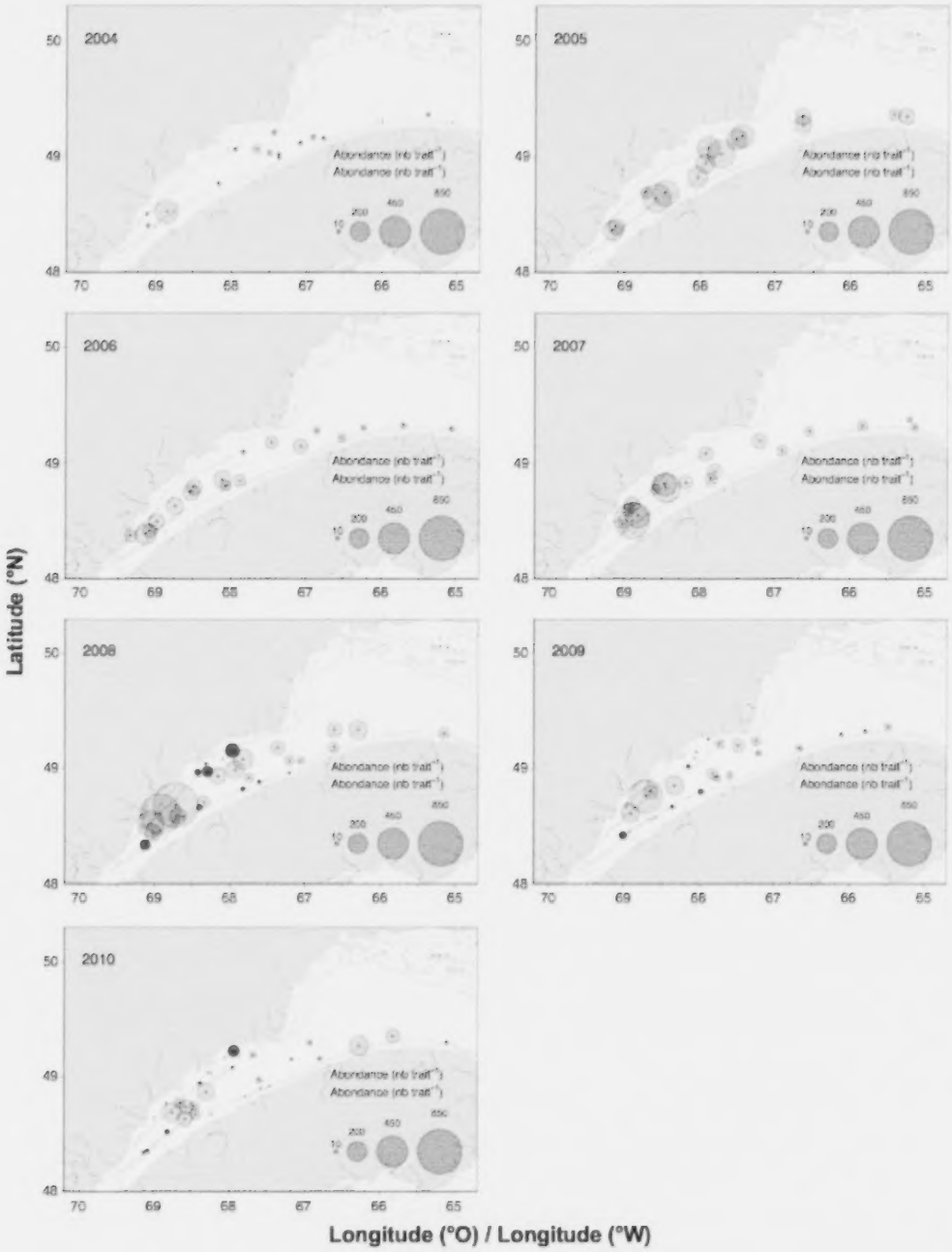

Figure 13. Distribution des abondances des juvéniles d'un an de flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : Position du trait. Profondeur du trait: bulles foncées = strates ≤ 183 m; bulles claires = strates > 183 m.

Figure 13. Abundance distribution of one-year-old Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Tow Position. Tow depth: dark bubbles = strata ≤ 183 m; clear bubbles = strata > 183 m.

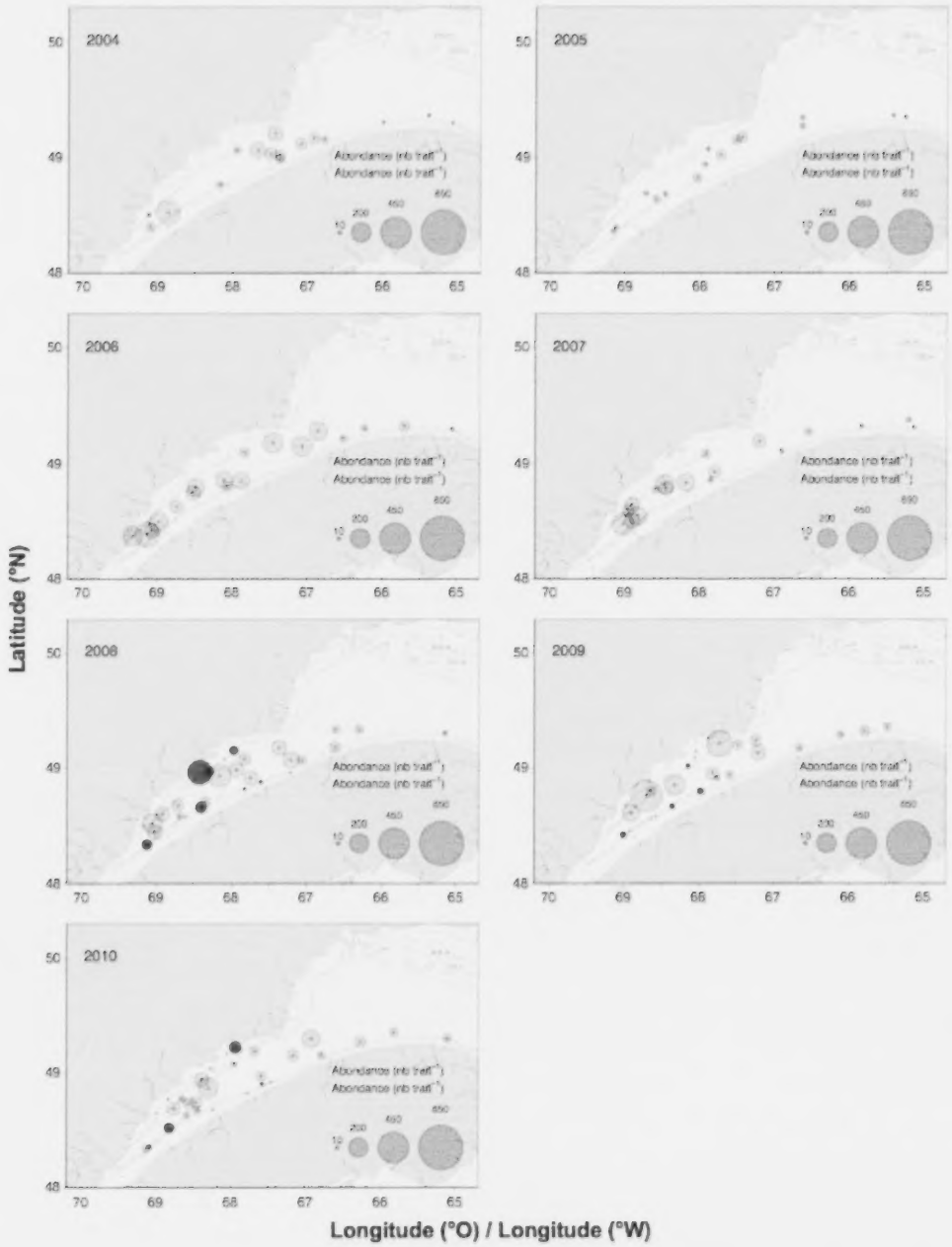

Figure 14. Distribution des abondances des juvéniles de deux ans de flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : Position du trait. Profondeur du trait: bulles foncées = strates ≤ 183 m; bulles claires = strates > 183 m.

Figure 14. Abundance distribution of two-year-old Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Tow Position. Tow depth: dark bubbles = strata ≤ 183 m; clear bubbles = strata > 183 m.

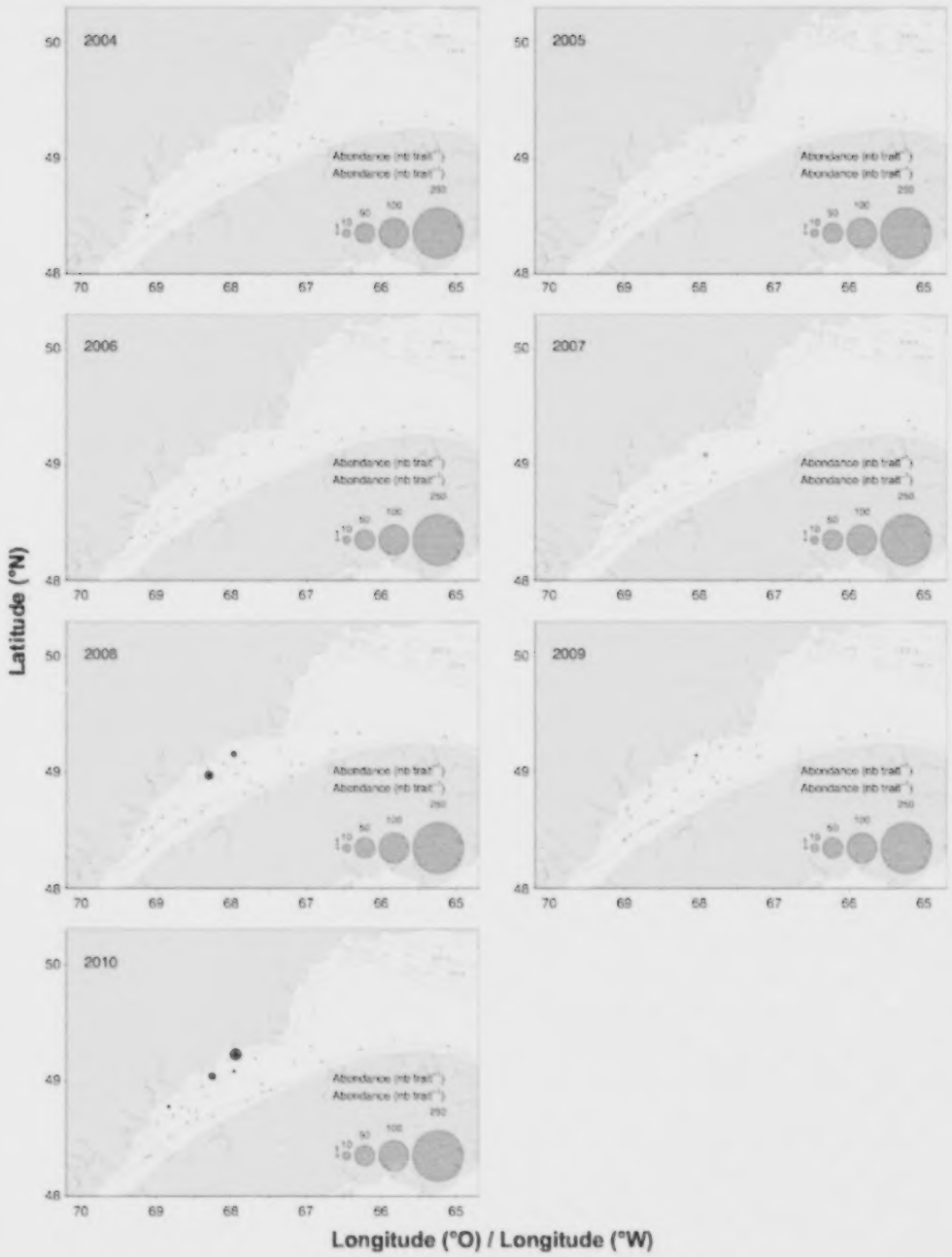

Figure 15. Distribution des abondances des juvéniles d'un an de morue franche (*Gadus morhua*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : Position du trait. Profondeur du trait: bulles foncées = strates ≤ 183 m; bulles claires = strates > 183 m.

Figure 15. Abundance distribution of one-year-old Atlantic cod (*Gadus morhua*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Tow Position. Tow depth: dark bubbles = strata ≤ 183 m; clear bubbles = strata > 183 m.

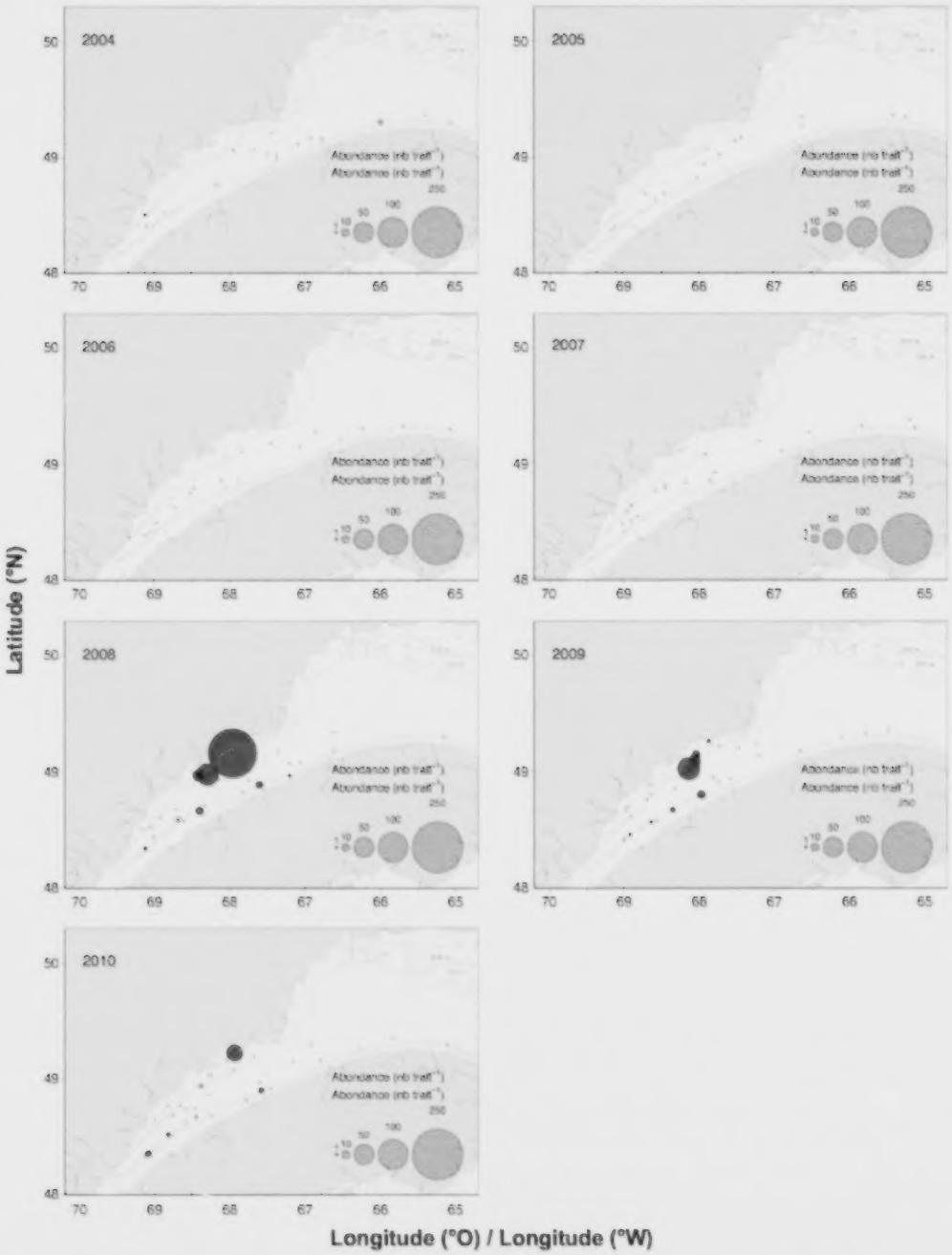

Figure 16. Distribution des abondances des juvéniles de deux ans de morue franche (*Gadus morhua*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : Position du trait. Profondeur du trait: bulles foncées = strates ≤ 183 m; bulles claires = strates > 183 m.

Figure 16. Abundance distribution of two year-old Atlantic cod (*Gadus morhua*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Tow Position. Tow depth: dark bubbles = strata ≤ 183 m; clear bubbles = strata > 183 m.

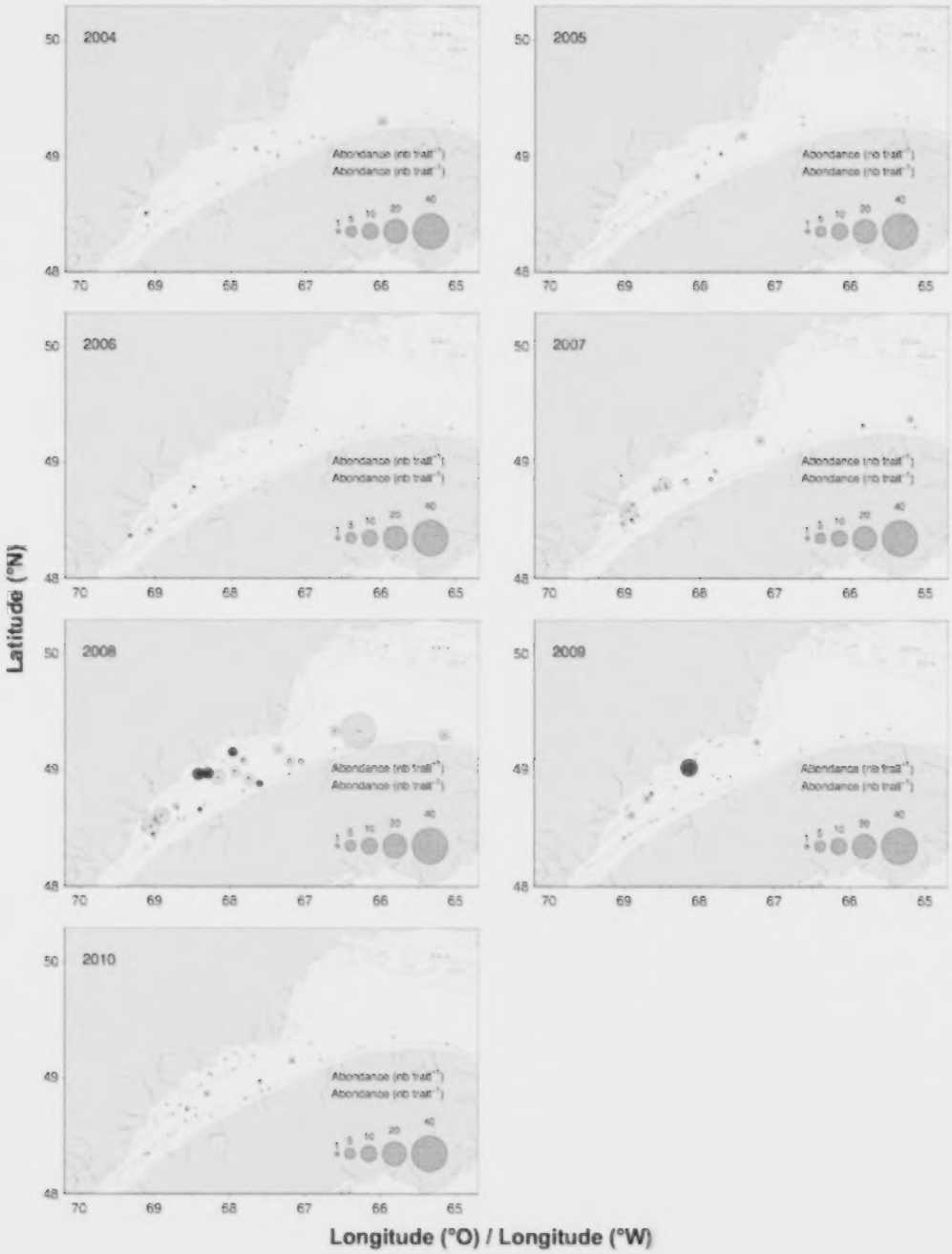

Figure 17. Distribution des abondances des juvéniles d'un an de plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : Position du trait. Profondeur du trait: bulles foncées = strates ≤ 183 m; bulles claires = strates > 183 m.

Figure 17. Abundance distribution of one year-old American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Tow Position. Tow depth: dark bubbles = strata ≤ 183 m; clear bubbles = strata > 183 m.

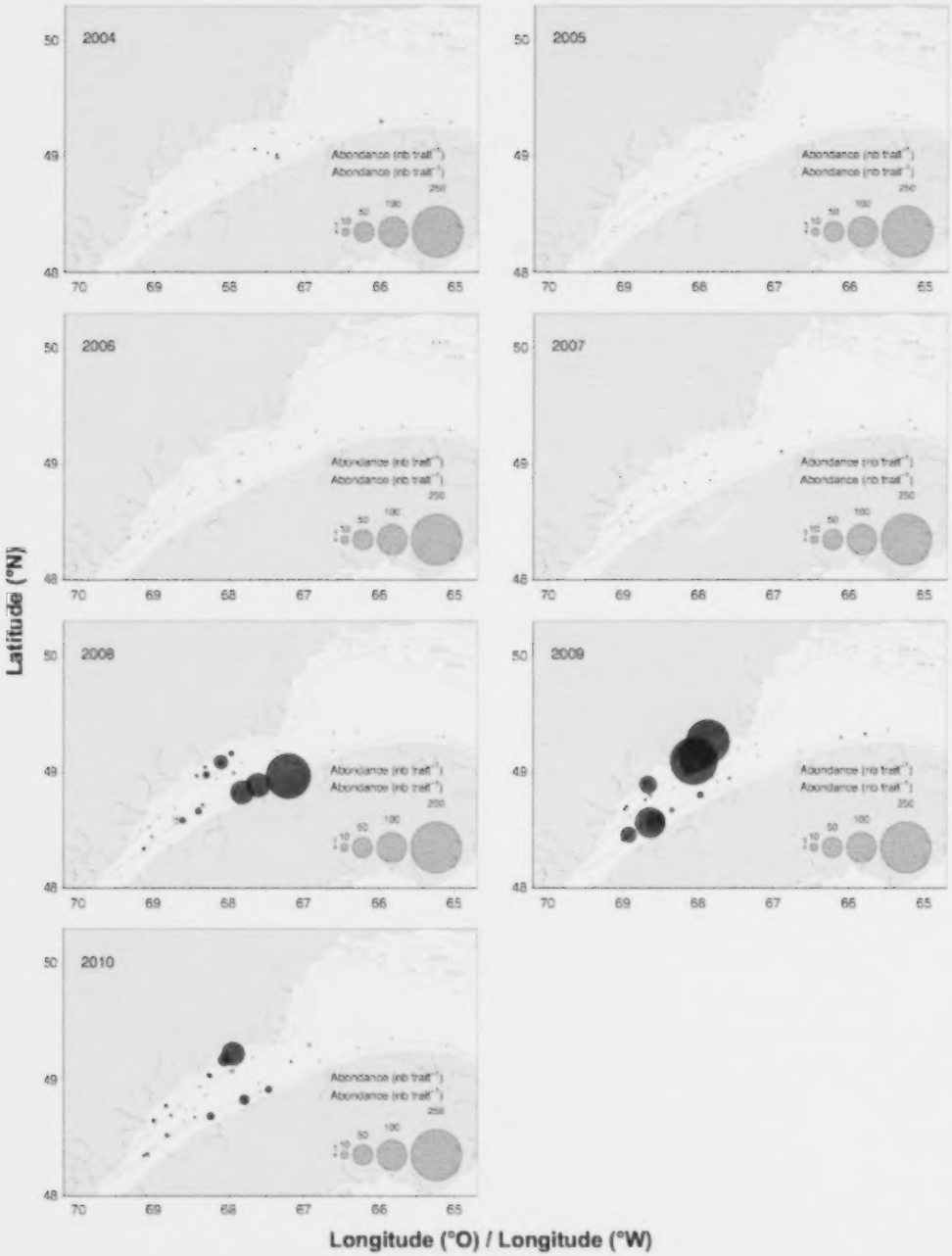

Figure 18. Distribution des abondances des juvéniles de deux ans de plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : Position du trait. Profondeur du trait: bulles foncées = strates ≤ 183 m; bulles claires = strates > 183 m.

Figure 18. Abundance distribution of two year-old American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Tow Position. Tow depth: dark bubbles = strata ≤ 183 m; clear bubbles = strata > 183 m.

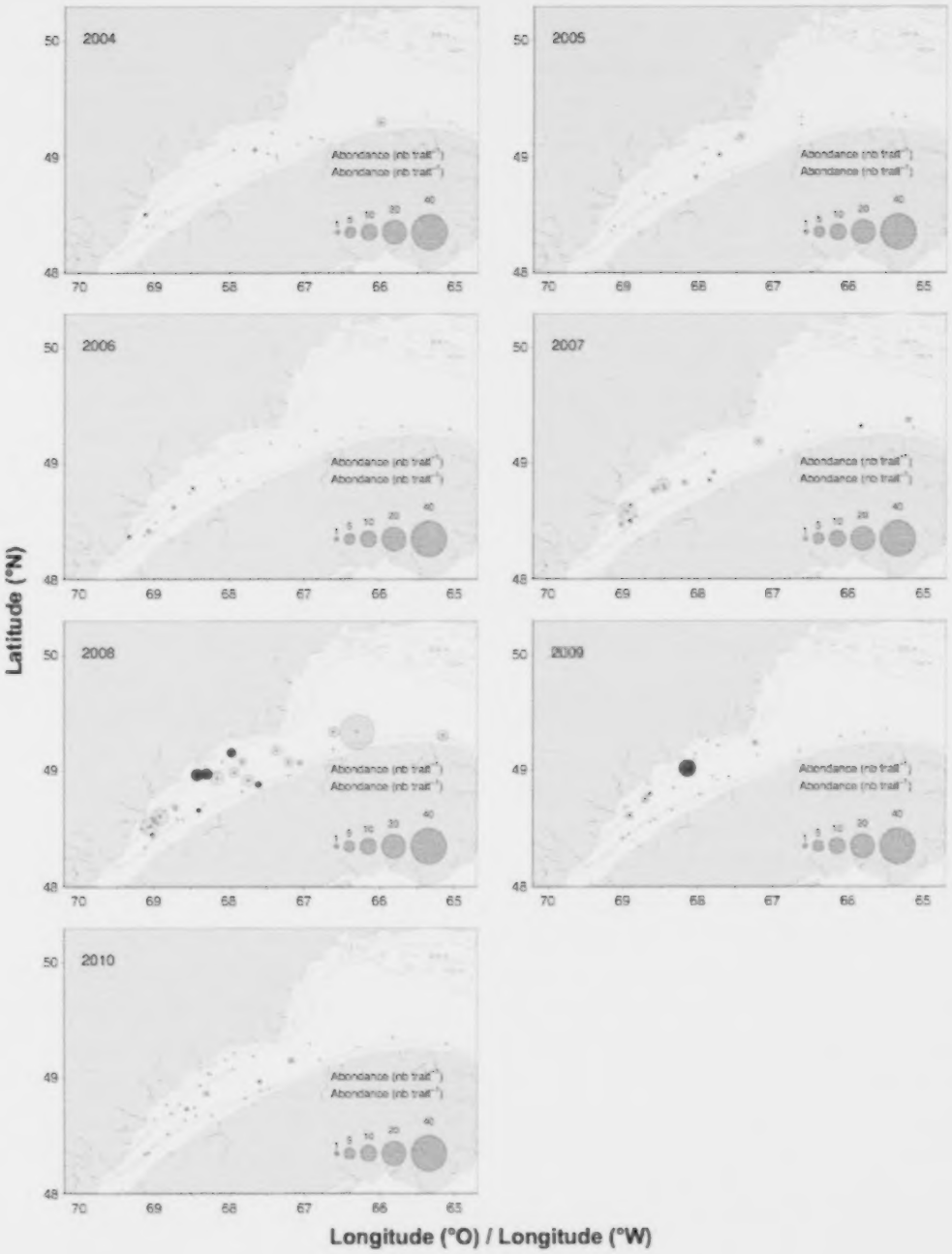

Figure 19. Distribution des abondances des juvéniles de deux ans de sébaste (*Sebastes mentella*) calculées à partir calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : Position du trait. Profondeur du trait: bulles foncées = strates ≤ 183 m; bulles claires = strates > 183 m.

Figure 19. Abundance distribution of two year-old redfish (*Sebastes mentella*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Tow Position. Tow depth: dark bubbles = strata ≤ 183 m; clear bubbles = strata > 183 m.

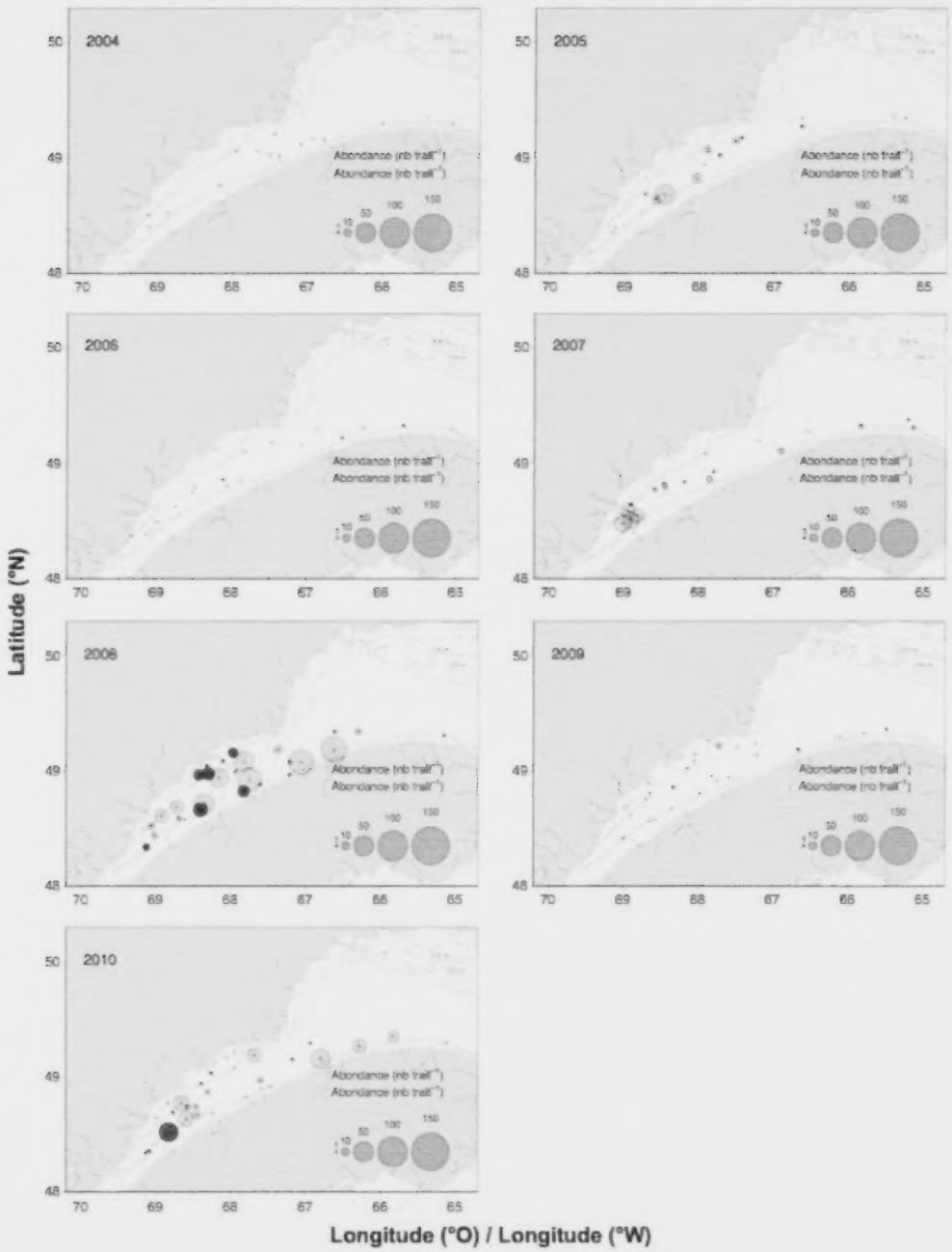

Figure 20. Distribution des abondances des juvéniles d'âge un an de plie grise (*Glyptocephalus cynoglossus*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : Position du trait. Profondeur du trait: bulles foncées = strates ≤ 183 m; bulles claires = strates > 183 m.

Figure 20. Abundance distribution of one year-old witch flounder (*Glyptocephalus cynoglossus*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Tow Position. Tow depth: dark bubbles = strata ≤ 183 m; clear bubbles = strata > 183 m.

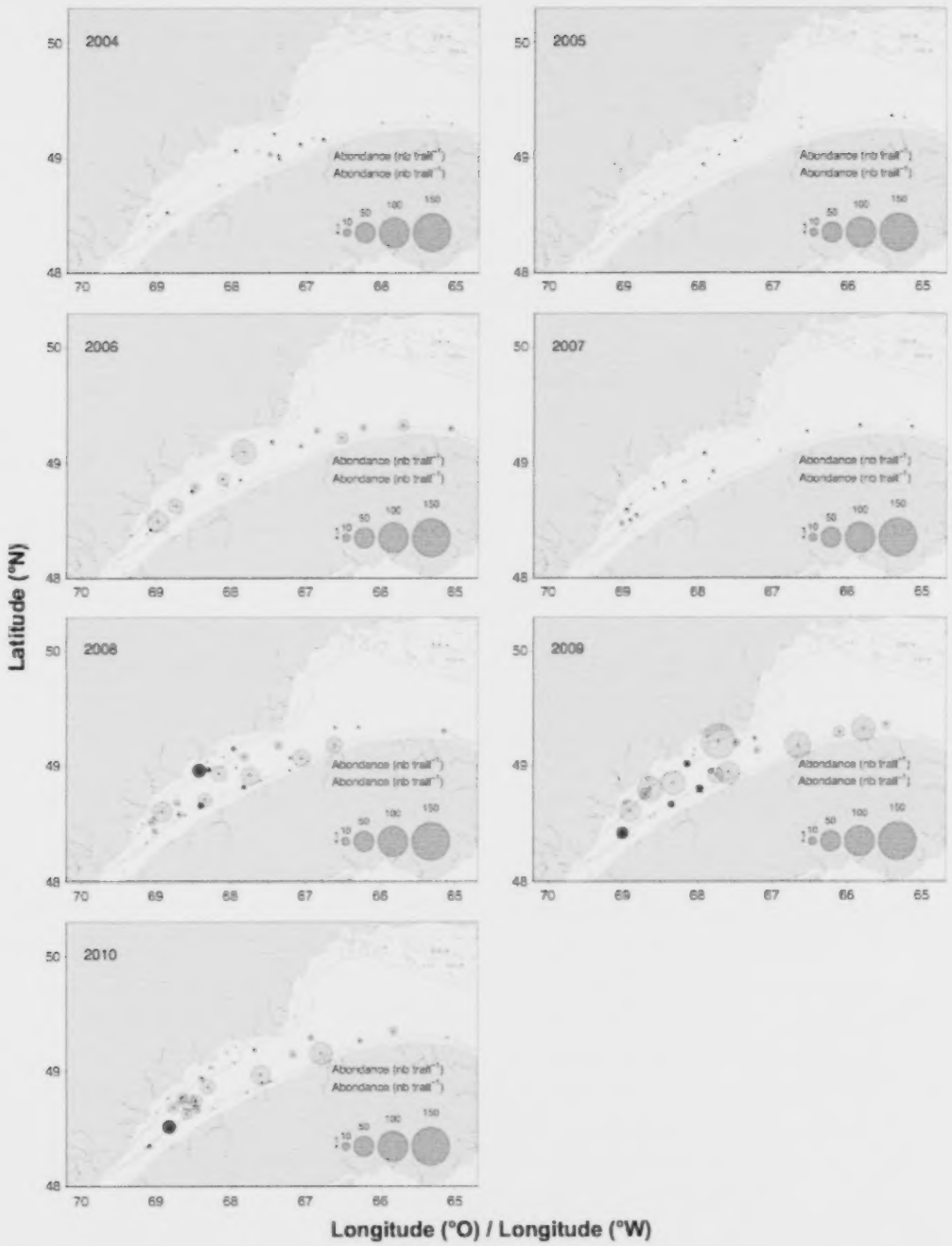

Figure 21. Distribution des abondances des juvéniles de deux ans de plie grise (*Glyptocephalus cynoglossus*) calculées à partir du relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette pour les strates de l'Estuaire de 2004 à 2010. + : Position du trait. Profondeur du trait: bulles foncées = strates ≤ 183 m; bulles claires = strates > 183 m.

Figure 21. Abundance distribution of two year-old witch flounder (*Glyptocephalus cynoglossus*) juveniles from the groundfish and shrimp research survey for strata in the Estuary from 2004 to 2010. +: Tow Position. Tow depth: dark bubbles = strata ≤ 183 m; clear bubbles = strata > 183 m.

4. DISCUSSION

4.1 La communauté d'ichtyoplancton

Cette étude a permis de mettre à jour les connaissances sur les communautés d'ichtyoplancton de l'Estuaire. Dans l'ensemble, la grande majorité des espèces retrouvées lors des années récentes étaient également présentes dans les communautés passées (1973–1975 : Able, 1978; 1977-1978 : de Lafontaine et al., 1984), dont les périodes et secteurs échantillonnés étaient sensiblement les mêmes qu'en 2009.

Le capelan demeure l'espèce la plus abondante, toutefois sa dominance est, en proportion, plus élevée dans les communautés récentes. D'autre part, une diminution de la diversité des gadidés a été observée. En effet, les larves de morue franche et de poulamon atlantique (*Microgadus tomcod*) ne sont pas retrouvées dans les communautés récentes. Cependant l'échantillonnage larvaire récent ne couvrait pas bien l'aire de répartition du poulamon dans l'Estuaire. Pour la morue franche, l'effondrement des stocks qui a eu lieu au début des années 1990 dans le nord-ouest de l'Atlantique (Hutchings et Myers, 1994, Savenkoff et al., 2007) explique probablement l'absence de larves dans l'Estuaire lors des récents relevés.

D'autres espèces comme les larves de poule de mer ou lompe (*Cyclopterus lumpus*), de loup (*Anarhichas* spp.) et de flétan atlantique (*Hippoglossus hippoglossus*) n'étaient pas présentes dans les communautés de 2009 et 2010. À l'inverse, certaines espèces comme la stichée arctique (*Stichaeus punctatus*), la morue ogac et la plie grise étaient absentes des communautés des années 1970. Cependant, pour la morue ogac, les larves de 2009 ont été récoltées aux deux stations les plus éloignées dans le Fjord, région qu'Able (1978) n'avait pas couverte lors de son échantillonnage.

4. DISCUSSION

4.1 Ichthyoplankton Community

This study helped update the knowledge of the ichthyoplankton communities in the Estuary. Overall, the vast majority of species found in recent years were also present in past communities (1973–1975: Able, 1978; 1977-1978: de Lafontaine et al., 1984), where the periods and areas sampled were similar to those in 2009.

Capelin remains the most abundant species, but its dominance is proportionately higher in recent communities. However, a decrease in terms of Gadidae diversity was observed. In fact, Atlantic cod and Atlantic tomcod (*Microgadus tomcod*) larvae were not found in recent communities. However recent larval sampling did not cover well tomcod distribution in the Estuary. For Atlantic cod, the stock collapse that occurred in the early 1990s in the northwest Atlantic (Hutchings and Myers, 1994, Savenkoff et al., 2007) probably explains the absence of larvae in the Estuary in recent surveys.

Larvae from other species such as lumpfish (*Cyclopterus lumpus*), wolffish (*Anarhichas* spp.), and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) were not present in the 2009 and 2010 communities. Conversely, some species such as Arctic shanny (*Stichaeus punctatus*), Greenland cod, and witch flounder were absent from the communities of the 1970s. However, for Greenland cod, the 2009 larvae were collected at the two most remote stations in the Fjord, a region Able (1978) did not cover.

Concernant l'éperlan, il y aurait deux populations dans l'estuaire moyen, une population dans le fjord du Saguenay et une autre population sur la Côte Nord (Lecomte et Dodson, 2004; 2005). Les larves échantillonnées près de La Pocatière peuvent appartenir à une des deux ou aux deux populations de l'estuaire moyen.

With respect to rainbow smelt, there appears to be two populations in the middle estuary, one population in the Saguenay Fjord, and another one on the north shore (Lecomte and Dodson, 2004; 2005). Larvae sampled near La Pocatière can belong to either or both middle estuary populations.

Les larves de sébastes sont retrouvées un peu partout dans l'aire échantillonnée. Dans le Fjord, des larves de sébaste ont été récoltées en amont, près de la baie des Ha! Ha!. Ces larves sont issues du frai local car il est peu probable que des petites larves soient advectées aussi loin dans le Fjord depuis l'estuaire maritime. Cependant les larves du Fjord ne semblent pas être advectées jusque dans l'Estuaire puisqu'aucune larve correspondant à la gamme de longueur des larves du Fjord n'a été retrouvée à l'embouchure. De plus Sirois et al. (2009) rapportent que l'âge maximal des larves de sébaste échantillonnées dans le Fjord était de 4 jours (n=150), ce qui laisse bien peu de temps pour dériver jusqu'à l'Estuaire et qui indique que les larves survivent très peu longtemps dans le Fjord. Également, les larves de l'estuaire maritime et du nord-ouest du Golfe sont en moyenne plus petites que celles du Fjord, suggérant une production locale et de la croissance à ces deux endroits, surtout dans le nord-ouest du Golfe où de plus grandes larves y sont retrouvées (longueur maximale 13 mm). Tout comme dans Sirois et al. (2009), la longueur standard maximale des larves de sébaste au niveau du Fjord en juillet 2009 ne dépassait pas 9 mm. En tenant compte de la très faible variabilité des longueurs mesurées dans le Fjord, nos résultats supportent donc l'hypothèse de Sirois et al. (2009) que la survie des larves de sébastes est très faible dans le Fjord, probablement compromise par des conditions environnementales défavorables aux larves qui prévalent dans ce milieu.

Redfish larvae are found throughout the sampled area. In the Fjord, redfish larvae were collected in the upstream part of the Fjord, near the Baie des Ha! Ha!. These larvae come from local spawning because it is unlikely that small larvae would be advected so far into the Fjord from the Lower Estuary. However, larvae from the Fjord do not appear to be advected as far as the Estuary because no larva corresponding to the length range of Fjord larvae was found at the mouth. Moreover Sirois et al. (2009) found that the maximum age of 150 redfish larvae sampled in the Fjord was 4 days, which does not leave much time to drift downstream to the Estuary and indicates that larvae survive only for a very short time in the Fjord. In addition, larvae from the Lower Estuary and northwest Gulf are on average smaller than those in the Fjord, suggesting local production and growth at these two locations, especially in the northwest Gulf, where larger larvae are found (maximum length 13 mm). As was reported by Sirois et al. (2009), the maximum standard length of redfish larvae in the Fjord in July 2009 did not exceed 9 mm. Taking into account the very low variability of the lengths measured in the Fjord, our results support the hypothesis of Sirois et al. (2009) that the survival of redfish larvae is very low in the Fjord, probably because of adverse environmental conditions that prevail here.

Il est intéressant de noter que J.-M. Sévigny, J.A. Gagné et J.-D. Lambert (IML, comm. pers.) ont échantillonné en juin 2003

It is interesting to note that J.-M. Sévigny, J.A. Gagné, and J.-D. Lambert (IML, pers. comm.) sampled in June 2003 gravid female

des sébastes femelles gravides et des morues franches matures dans la Baie des Ha! Ha! en amont du fjord du Saguenay (voir Figure 1).

redfish as well as mature Atlantic cod in Baie des Ha! Ha! in the upstream portion of the Saguenay Fjord (see Figure 1).

4.2 La communauté de juvéniles

Cette étude a permis d'analyser l'information sur la distribution et l'abondance de poissons juvéniles d'un an et de deux ans d'espèces démersales de l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Il est important de noter que les espèces pélagiques abondantes au stade larvaire pélagique (en particulier le capelan) sont absentes de l'étude au stade juvénile parce que l'échantillonnage des juvéniles a été réalisé avec un chalut de fond. De façon générale, quasiment toutes les espèces commerciales démersales prises en compte dans cette étude ont été retrouvées dans l'Estuaire à l'exception de la morue ogac. Peu de données sont disponibles sur la distribution de la morue ogac; cependant cette espèce est plus régulièrement capturée dans le Golfe. Les faibles abondances enregistrées pour le flétan atlantique indiquent que cette espèce fréquente peu l'Estuaire.

4.2 Juvenile Community

This study analyzed information on the distribution and abundance of one- and two-year-old juvenile demersal fish species in the Lower St. Lawrence Estuary. It is important to note that pelagic species abundant at the pelagic larval stage (especially capelin) were absent from this study at the juvenile stage because juvenile sampling was conducted with a bottom trawl. In general, almost all commercial demersal species included in this study were found in the Estuary with the exception of Greenland cod. Little data is available on Greenland cod distribution; however, this species is more often caught in the Gulf. The low abundances recorded for Atlantic halibut indicate that this species does not frequently occur in the Estuary.

L'ajout de strates moins profondes (20–100 brasses) à la mission de recherche à partir de 2008 a nettement mis en évidence la présence de juvéniles de certaines espèces dans l'estuaire maritime. Le cas le plus frappant est celui de la morue franche dont les juvéniles d'un et deux ans apparaissent en grand nombre à partir de 2008 alors qu'ils semblaient absents de la région avant 2008.

The addition of shallower strata (20–100 fathoms) in the research mission beginning in 2008 has clearly demonstrated the presence of juveniles of some species in the Lower Estuary. The most striking case is that of one-and two-year-old Atlantic cod juveniles, which appear in large numbers beginning in 2008, but had seemed to be absent from the region prior to 2008.

4.3 L'origine des poissons de l'estuaire maritime

Les résultats du relevé d'ichtyoplancton de mai 2009 ont montré une distribution similaire des œufs CHW et de plie canadienne. En effet les œufs étaient distribués le long du côté nord de l'Estuaire maritime. Cette distribution le long du rebord nord du chenal Laurentien correspond au couloir d'entrée d'eau en provenance du

4.3 Origin of Fish in the Lower St. Lawrence Estuary

Results from the May 2009 ichthyoplankton survey showed similar distribution of CHW and American plaice eggs, with eggs being concentrated along the north side of the Estuary. This distribution along the northern edge of the Laurentian Channel represents the entrance of the water inflow from the Gulf, when the "valve" mechanism at the

Golfe lorsque le mécanisme de « valve » à l'embouchure de l'estuaire maritime vers Pointe-des-Monts, décrite par Sourisseau et al. (2006), est en mode ouverture. En effet, lorsque les conditions de circulation régionales sont favorables, la circulation hydrodynamique est dirigée vers l'amont de l'estuaire maritime le long du côté nord. À l'inverse, le mode fermeture de la valve correspond à une redirection du courant vers l'est, qui est recyclé dans la gyre d'Anticosti ou le sud du Golfe (voir aussi Simard, 2009). En mode ouverture, les organismes ainsi présents dans la couche supérieure et la couche intermédiaire froide de la colonne d'eau sont transportés depuis le Golfe vers l'Estuaire, comme il a été démontré pour le krill (Sourisseau et al., 2006). Ainsi, il est fort probable que les produits du frai et les stades subséquents provenant du Golfe approvisionnent l'estuaire maritime en ichtyoplancton comme le suggère la distribution des œufs de plie canadienne et CHW récoltés lors du relevé de mai 2009 (l'identification des œufs pour les autres relevés de 2009 et les relevés de 2010, qui devrait être complétée ultérieurement, permettra de vérifier si le même patron de distribution est observé). De plus, dans le cas où les œufs de CHW proviendraient du Golfe, la grande majorité devrait être des œufs de morue franche d'après les résultats de l'étude génétique de Bui et al. (2011) (voir aussi Bui et al. 2010).

mouth of the Lower Estuary towards Pointe-des-Monts, described by Sourisseau et al. (2006), is open. In fact, when regional current conditions are favourable, hydrodynamic circulation is directed upstream into the Lower Estuary along the north shore. Conversely, when the valve is closed, the current is redirected to the east, and is recycled in the Anticosti Gyre or southern Gulf (see also Simard, 2009). When the valve is open, organisms present in the water column are transported from the Gulf to the Estuary, as shown for krill (Sourisseau et al., 2006). Thus, it is likely that products from spawning and subsequent stages from the Gulf supply the Lower Estuary with ichthyoplankton, as suggested by the distribution of American plaice and CHW eggs collected during the May 2009 survey (egg identification for other surveys in 2009 and 2010, which are not yet completed, will help determine if the same distribution pattern occurs). In addition, in the event CHW eggs come from the Gulf, the vast majority should be Atlantic cod eggs, based on the results of the genetic study by Bui et al. (2011) (see also Bui et al. 2010).

On pourrait supposer que de la ponte locale ait lieu au sein de l'estuaire maritime ainsi que de la rétention des produits du frai. Cependant l'absence de larves de plie grise, de morue franche et de plie canadienne au niveau de l'estuaire maritime lors des relevés postérieurs à mai (correspondant à la période d'émergence des larves), leur présence (pour la plie grise et la plie canadienne) dans le nord-ouest du Golfe en juillet 2009, ainsi que la présence et la relative abondance de juvéniles d'âge un et deux ans de ces espèces dans l'Estuaire maritime soulèvent un doute quant à l'existence d'une production locale significative dans l'estuaire maritime. Les

It could be possible that local spawning occurs within the Lower Estuary in addition to the retention of spawning products. However, the absence of witch flounder, Atlantic cod, and American plaice larvae in the Lower Estuary in the post-May surveys (corresponding to the period of larval emergence), the presence of witch flounder and American plaice larvae in the northwest Gulf in July 2009, and the presence and relative abundance of one- and two-year-old juveniles of these species in the Lower Estuary raise a doubt as to the existence of significant local production in the Lower Estuary. Observations suggest that immigration into the Estuary would take

observations suggèrent que de l'immigration dans l'Estuaire s'effectuerait à des stades post-larvaires. Ceci serait aussi valable pour le flétan du Groenland, pour lequel aucune larve n'a été retrouvée dans l'estuaire maritime ou aux stations du nord-ouest du Golfe, cependant des juvéniles d'âge un et deux ans sont présents en abondance dans l'estuaire maritime.

place at post-larval stages. This would also be valid for Greenland halibut, for which no larvae were found in the Lower Estuary or at northwest Gulf stations. However, one-and two-year-old juveniles are abundant in the Lower Estuary.

L'abondance des plies grises juvéniles de deux ans en 2009 semble correspondre à l'abondance de la même cohorte l'année précédente (les juvéniles d'un an en 2008). Ceci semble également le cas entre les juvéniles de deux ans de 2006 et de 2008 et les juvéniles d'un an de 2005 et 2007 respectivement, bien que les abondances des juvéniles de deux ans étaient plus élevées que celles des juvéniles d'un an, impliquant une contribution locale aux abondances des juvéniles de deux ans ou une meilleure capturabilité des juvéniles de deux ans en raison de leur plus grande taille. Les abondances de juvéniles d'un an de 2009 étaient très faibles et ne semblent pas correspondre avec les abondances de juvéniles de deux ans de 2010.

The abundance of two-year-old witch flounder juveniles in 2009 seems to correspond to the abundances of the same cohort on the previous year (one year-old juveniles in 2008). This also seems to be the case for two year-old juveniles in 2006 and 2008 and one year-old juveniles in 2005 and 2007 respectively, although the abundance of two-year-old juveniles was higher than for one-year-old juveniles, which implies a local contribution to the abundance of two-year-old juveniles or greater catchability of two-year-olds due to their larger size. Abundances of one-year-old juveniles in 2009 were very low and do not appear to correspond to the abundances of two-year-old juveniles in 2010.

4.4 Connectivité des populations du Fjord et de l'Estuaire

Parmi les espèces de poissons plats étudiées, seul le flétan du Groenland est pêché dans le fjord du Saguenay. Malgré que la plie grise et la plie canadienne soient abondantes dans l'estuaire maritime, ces espèces ne semblent pas « connecter » avec le Fjord. À l'inverse de beaucoup de poissons plats, le flétan du Groenland est connu pour passer une partie de son temps dans la colonne d'eau (Scott et Scott, 1988). Ce comportement pourrait le rendre susceptible de franchir le seuil du fjord du Saguenay peu profond où règne un fort hydrodynamisme. Il est aussi possible que les autres espèces de poissons plats pénètrent dans le Saguenay mais aient une très faible capturabilité pour les lignes utilisées dans la pêche blanche.

4.4 Connectivity of Populations in the Fjord and Lower Estuary

Among the flatfish species studied, only Greenland halibut is caught in the Saguenay Fjord. Although witch flounder and American plaice are abundant in the Lower Estuary, these species do not "connect" with the Fjord. Unlike many flatfish species, Greenland halibut is known to spend a portion of its time in the water column (Scott and Scott, 1988). This behaviour may allow it to pass over the shallow sill of the Saguenay Fjord, where there are strong hydrodynamics. It is also possible that the other flatfish species go into the Saguenay but have a very low catchability for the hand lines used in the winter ice fishery.

4.5 Connectivité entre le Fjord et le système Saint-Laurent

Les résultats de cette étude supportent l'hypothèse de Sirois et al. (2009) que le recrutement des populations de poissons marins du fjord du Saguenay repose sur l'immigration de juvéniles, plutôt que de l'advection d'ichtyoplancton. En effet, cette étude démontre que peu d'espèces visées par la pêche blanche sont présentes dans l'estuaire maritime au stade ichtyoplanctonique (i.e., uniquement le sébaste et les œufs CHW en faible abondance), alors que ces espèces y sont présentes au stade juvénile. Sirois et al. (2009) supposaient que ces poissons juvéniles provenaient de l'estuaire maritime. D'après notre étude, les juvéniles de l'estuaire maritime qui immigrent dans le Fjord proviendraient de populations du Golfe. Cette observation est en accord avec l'étude de Sévigny et al. (2009) qui montre que les populations de morue franche, de sébaste et de flétan du Groenland du Saguenay et du Golfe ne sont pas génétiquement différentes et que l'immigration dans le Fjord a lieu au stade juvénile. En conséquence, l'idée de connectivité entre les populations du Fjord du Saguenay et celles de l'Estuaire fait partie d'un système à plus grande échelle puisque le recrutement des poissons de l'estuaire maritime dépend des populations du Golfe. Cette information est importante pour la gestion des populations et doit être prise en considération lors de prises de décisions puisque des mesures de gestions appliquées au niveau du Golfe pourront avoir des répercussions pour les populations du fjord du Saguenay.

4.5 Connectivity Between the Fjord and the St. Lawrence System

The results of this study support the hypothesis by Sirois et al. (2009) that the recruitment of marine fish populations of the Saguenay Fjord is based on juvenile immigration rather than ichthyoplankton advection. In fact, this study shows that few species targeted by the ice fishery are present in the Lower Estuary at the ichthyoplankton stage (i.e., only redfish and CHW eggs), while these species are present at the juvenile stage. Sirois et al. (2009) assumed that juveniles originated from the Lower Estuary. According to our study, Lower Estuary juveniles immigrating into the Fjord come from Gulf populations. This observation is consistent with the study conducted by Sévigny et al. (2009) showing that the Atlantic cod, redfish, and Greenland halibut populations from the Saguenay and Gulf are not genetically different and that immigration into the Fjord takes place at the juvenile stage. Therefore, the concept of connectivity between populations in the Saguenay Fjord and those in the Estuary is part of a larger-scale system, since the recruitment of fish from the Estuary depends on Gulf populations. This information is important for the management of populations and must be taken into account in the decision-making process since management measures applied at the Gulf level may have consequences for the Saguenay Fjord populations.

REMERCIEMENTS

Les relevés larvaires dans l'Estuaire faisaient partie de l'Initiative de recherche écosystémique du MPO mise en œuvre à l'Institut Maurice-Lamontagne. En 2009, l'échantillonnage a été fait en collaboration avec le Dr Pascal Sirois de l'Université du Québec à Chicoutimi dans le cadre de projets du réseau CRSNG - CHONe. Nous remercions le personnel qui a conduit ces relevés larvaires ainsi que le personnel qui chaque année réalise le relevé au chalut de fond du MPO dans le nord du Golfe.

Nous désirons également souligner le soutien financier de Mme Guylaine Simard du Musée du Fjord qui nous a permis de compléter ce rapport. Nous remercions finalement Mme Laure Devine et les Drs Jean-Marie Sévigny et Pascal Sirois pour leur révision experte du rapport.

ACKNOWLEDGMENTS

The larval surveys in the Estuary were part of the DFO's Ecosystem Research Initiative that took place at Maurice Lamontagne Institute. Larval sampling in 2009 was conducted in collaboration with Dr Pascal Sirois of Université du Québec à Chicoutimi as part of projects of the NSERC-CHONe network. We thank the staff who conducted these larval surveys as well as the staff who each year take part in the DFO bottom trawl survey in the northern Gulf.

We also wish to acknowledge a financial support from Ms. Guylaine Simard from Musée du Fjord that allowed us to complete this report. We finally thank Ms. Laure Devine, and Drs. Jean-Marie Sévigny and Pascal Sirois for expertly reviewing this report.

RÉFÉRENCES / REFERENCES

Able, K. W. 1978. Ichthyoplankton of the St. Lawrence Estuary: Composition, distribution and abundance. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 35: 1517–1531.

Bourdages, H., D. Archambault, B. Bernier, A. Fréchet, J. Gauthier, F. Grégoire, J. Lambert et L. Savard. 2010. Résultats préliminaires du relevé multidisciplinaire des poissons de fond et de crevette d'août 2009 dans le nord du Golfe Saint-Laurent. Rapp. stat. can. sci. halieut aquat. 1226: xii +72 pp.

Bui, A. O. V., P. Ouellet, M. Castonguay, and J.-C. Brêthes. 2010. Ichthyoplankton community structure in the north-west Gulf of St Lawrence (Canada): past and present. Mar. Ecol. Prog. Ser. 412: 189–205.

Bui, A. O. V., M. Castonguay, P. Ouellet, and J.-M. Sévigny. 2011. Searching for Atlantic cod (*Gadus morhua*) spawning sites in the northwest Gulf of St. Lawrence (Canada) using molecular techniques. ICES J. Mar. Sci. 68: 911–918.

de Lafontaine, Y., M. I. El-Sabh, M. Sinclair, S. N. Messieh et J.-D. Lambert. 1984. Structure océanographique et distribution spatio-temporelle d'œufs et de larves de poissons dans l'estuaire maritime et la partie nord-ouest du Golfe Saint-Laurent. Sciences et techniques de l'eau. 17: 43-50

Desgagnés, M., H. Bourdages et J.-D. Lambert. 2011. Pêche récréative hivernale dans le Saguenay de 1996 à 2010. Secr. can. consult. sci. MPO. Doc. rech. 2010/129. vii + 34 pp.

Hutchings, J. A., and R. A. Myers. 1994. What can be learned from the collapse of a renewable resource? Atlantic cod, *Gadus morhua*, of Newfoundland and Labrador. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 2126–2146.

Lecomte, F., and J. J. Dodson. 2004. Role of early life-history constraints and resource polymorphism in the segregation of sympatric populations of an estuarine fish. Evol. Ecol. Res. 6 : 631-658.

Lecomte, F., and J. J. Dodson. 2005. Distinguishing trophic and habitat partitioning among sympatric populations of the estuarine fish Osmerus mordax Mitchill. J. Fish Biol. 66: 1601-1623.

MPO. 2007. Zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent : identification et caractérisation. Secr. can. consult. sci. MPO. Avis sci., 2007/016.

MPO. 2010. La pêche récréative hivernale au poisson de fond dans le fjord du Saguenay, 2008-2010. Secr. can. consult. sci. MPO. Avis sci., 2010/088.

Powles, H., F. Auger and G. J. FitzGerald. 1984. Nearshore ichthyoplankton of a north temperate estuary. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 1653-1663.

R Development Core Team. 2010. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. http://www.r-project.org/.

Savenkoff, C., M. Castonguay, D. Chabot, M. O. Hammill, H. Bourdages, and L. Morissette. 2007. Changes in the northern Gulf of St. Lawrence ecosystem estimated by inverse modelling: evidence of a fishery-induced regime shift? Estuar. Coast. Shelf Sci. 73: 711–724.

Schnute, J. T., N. M. Boers, R. Haigh, and A. Couture-Beil. 2008. PBS mapping 2.57: user's guide revised from Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2549: v1 + 118 p. Last update Jul. 24, 2008.

Scott, W. B., and M. G. Scott. 1988. Atlantic fishes of Canada. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 219, 713 pp.

Simard, Y. 2009. Le Parc Marin Saguenay–Saint-Laurent : Processus océanographiques à la base de ce site unique d'alimentation des baleines du nord-ouest Atlantique. Rev. Sci. Eau 22: 177–197.

Sirois, P., G. Diab, A.-L. Fortin, S. Plourde, J. A. Gagné et N. Ménard. 2009. Recrutement des poissons dans le fjord du Saguenay. Rev. Sci. Eau 22: 341–352.

Sévigny, J.-M., A. Valentin, A. Talbot et N. Ménard. 2009. Connectivité entre les populations du fjord du Saguenay et celles du golfe du Saint-Laurent. Rev. Sci. Eau 22: 315–339.

Sourisseau, M., Y. Simard, and F. J. Saucier. 2006. Krill aggregation in the St. Lawrence system, and supply of krill to the whale feeding grounds in the estuary from the gulf. Mar. Ecol. Prog. Ser. 314: 257–270.

Tanimura, S., C. Kuroiwa, and T. Mizota. 2006. Proportional symbol mapping in R. J. Statis. Software. 15: 1–7.

Valentin, A. 2006. Structure des populations de sébaste de l'Atlantique du nord-ouest dans un contexte de gestion des stocks et d'évolution. Thèse de Ph.D. Université du Québec à Rimouski, Québec.